



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

**Z-Wave적용 무선 센서 네트워크 노드  
구현에 관한 연구**

**A Study on Implementation of a Wireless Sensor Network Node using  
Z-Wave Module**

指導教授 趙 炯 來



2009年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電 波 工 學 科

表 珍 和

本 論文을 裴珍和의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

委員長：工學博士 元 榮 秀



委 員：工學博士 鄭 智 元



委 員：工學博士 趙 炯 來



2009年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電 波 工 學 科

裴 珍 和

# 목 차

Abstract.....	iii
Abbreviations.....	v
<b>제 1 장 서 론 .....</b>	<b>1</b>
1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 및 연구 방법 .....	2
<b>제 2 장 USN 시스템 .....</b>	<b>4</b>
2.1 USN 개요 및 구성 .....	4
2.1.1 USN의 정의 .....	4
2.1.2 USN 특징 및 구조 .....	5
2.2 USN 핵심기술 및 표준화 동향 .....	9
2.2.1 USN 핵심기술 .....	9
2.2.1 표준화 동향 .....	16
<b>제 3 장 Z-Wave System .....</b>	<b>18</b>
3.1 Z-Wave 센서 네트워크 개념 .....	18
3.2 Z-Wave 프로토콜 분석 .....	20
3.2.1 물리계층(Physical Layer) .....	20
3.2.2 맥 계층(Mac Layer) .....	20
3.2.3 전송계층(Transfer Layer) .....	23
3.2.4 라우팅계층(Routing Layer) .....	28
3.2.5 응용계층(Application Layer) .....	30
<b>제 4 장 Z-Wave 센서 노드의 설계 제작 및 측정 .....</b>	<b>31</b>
4.1 Z-Wave 센서 노드 설계 및 제작.....	29
4.2 Z-Wave 센서 노드 펌웨어 코딩 .....	36
4.2.1 컨트롤러 노드 순서도 .....	36
4.2.2 펌웨어 기본 구조 .....	37
4.3 Z-Wave 센서 노드 데이터 측정결과 .....	41



제 5 장 결 론 .....	52
참고문헌 .....	54



## **Abstract**

WSN(Wireless Sensor Network) is an essential technology for USN(Ubiquitous Sensor Network) and it consists of process treating collected information, transmitting and receiving devices and sink nodes. The Sink node roles sending the collected data by sensors. WSN is not designed for communication means, but for automated remote data collecting. And it can be utilized at scientific, military and commercial application.

There are many technologies such as Z-Wave, Zigbee, Bluetooth, UWB(Ultra-Wideband), NFC(Near Field Communication) for USN. Recently, Zigbee has been in the spotlight among low-power and low-rate technologies. Z-wave technology is similar to Zigbee technology. Z-Wave, a proprietary technology developed by Zensys of Denmark, is competing with Zigbee to become the standard for automated home controls. About 50 companies in USA or Europe adopt Z-wave technology and they are making several products. Comparing with other technologies, Z-Wave has an advantage of low power consumption, two-way RF communication and mesh network. Its merits are available to control a sensor and device. Z-wave is possible to make it lighter, more energy efficient. With this special features, Z-Wave is expected to be a available solution in USN area.

In this thesis, the platform of automated home sensor network with Z-Wave is studied and implemented. The Z-Wave chipset, the ZW0201, is used at each sensor board. The 8-bit microcontroller interrelated 8051 is adopted to synchronize and control a sensor node. The 8051 functions at 16MHz includes 2kbyte RAM memory and 32kbyte flash ROM memory.

Using the microprocessor, it receives or transmits digital data.

Master sensor board is connected with a computer and RS-232c through UGI(User Graphic Interface).

SHT11 developed by SENSIRION is used for humidity and temperature sensor. The Z-Wave chipset, the ZW0201, and GUI is controlled by C language. The compiler offered by developers kit of Zensys is used for implementing this system.

Realized sensor nodes are activated for the line of sight range 13m at hight 0m, 35m at hight 0.75m and 65m at hight 2m.

Output power is -3.619dBm at center frequency 868.42MHz. The system is stably operated over input power 3.3V and its current consumption is 6.8mA at standby mode, 30.3mA at active mode.



## Abbreviations

USN	: Ubiquitous Sensor Network
WSN	: Wireless Sensor Network
UWB	: Ultra-Wideband
NFC	: Near Field Communication
GUI	: Graphic User Interface
MEMS	: Micro Electro Mechanical System
MCU	: Micro Controller Unit
API	: Application Program Interface
OSWA	: Open Sensor Web Architecture
NRZ	: Non Return Zero
FSK	: Frequency Shift Keying
CSMA	: Carrier Sense Multiple Access
MPU	: Micro Processor Unit
PCB	: Printed Circuit Board
MAC	: Media Access Control
PCB	: Personal Digital Assistant
OS	: Operating System
SQL	: Structured Query Language
SQL	: Structured Query Language
QoS	: Quality of Service
TTA	: Telecommunication Technology Association



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구 배경

최근 들어 정보 생성 및 소비의 주체가 사람이었던 인간 중심의 정보화 사회가 사람과 사물뿐만 아니라, 사물 간에도 정보들이 유기적으로 결합되고 활용될 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 사회로 변모하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 사회에서 각 사물은 센서를 이용하여 새로운 정보를 생성하는 정보 생성자로서, 무선네트워크를 이용하여 생성된 정보를 널리 전달하는 정보 중개자로서, 그리고 전달 받은 정보를 분석하고 판단하여 특정 작업을 수행하는 정보 소비자로서의 역할 수행이 가능하다. 현재, 국내에서는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 구축하기 위한 구체적인 사업의 하나로, u-City 구축사업을 전략적으로 추진하고 있다. u-City 구축사업은 USN 핵심기술을 행정, 의료, 교통, 물류, 정보가전, 환경, 재난방재 등의 도시 환경에 필수적인 제반 분야에 두루 적용함으로써 도시생활의 편의 증대, 삶의 질 향상, 체계적인 도시관리, 복지 향상, 그리고 안전보장을 추구할 수 있는 신개념의 도시 구축을 목표로 하고 있다. 그런데, 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 사회의 성공적인 구축은 센서노드 하드웨어 기술, 센서네트워크 기술, USN 미들웨어 기술 그리고 USN 응용 서비스 구축 기술과 같은 USN 핵심기술이 우선적으로 개발되어 있어야 가능하게 된다.

USN에서 필수 불가결한 기반 기술인 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)은 센서로 감지가 가능하고 수집된 정보를 가공하는 프로세서가 부착되어 있으며 이를 전송하는 소형 무선 송수신 장치들로 구성된 네트워크로서, 센서 노드(Sensor Node)와 이를 수집하여 외부로 내보내는 싱크 노드(Sink Node)로 구성된 네트워크를 뜻한다. 기존의 네트워크와 다르게 의사소통의 수단이 아니라 자동화된 원격 정보 수집을 기본 목적으로 하며 과학적, 의학적, 군사적, 상업적 용도 등 다양한 응용 개발에 폭넓게 활용된다.

WSN 기술로는 전송량과 전송속도 그리고 통신 프로토콜에 따라 분류된 Z-Wave, Zigbee, Bluetooth, UWB, NFC 등이 있다. 이 중에서 현재 국내 2.4GHz ISM 대역을 사용중이며 저 전력, 저 전송량으로 Zigbee가 각광 받고 있다. 본 논문에서 Zigbee와 같이 저 전력, 저 전송량 기술로 덴

마크 회사인 Zensys와 Z-Wave 얼라이언스에 의해 개발된 Z-Wave를 적용하여 온/습도 무선 네트워크 노드를 구현하였다.

Z-Wave는 유럽과 미국에서 Zigbee와 함께 사용되고 있으며, 저 전력, 양방향 RF, Mesh 네트워킹 기술로 센서와 장치를 제어하는데 적합하다. 또한 Z-Wave는 기존의 USN 제품군들과 비교하여 9.6/40Kbps의 낮은 전송률로 온/습도, on/off, 압력, 동작 센서와 같은 낮은 데이터량을 처리하는 시스템에서 소형 경량화, 저 전력화가 가능하다.

## 1.2 연구 목적 및 연구 방법

본 논문에서는 Z-Wave 기반 센서 네트워크 시스템을 연구 및 구현한다. Z-wave Chip을 적용한 온습도 센서 모듈의 장점으로서는 추가적인 케이블 포설 없이 디바이스를 확장하는데 용이하다는 것이며, 온도/습도 센서의 ID를 추가함으로 상태 감시가 가능하다.

교통, 물류, 정보가전, 환경, 재난방재, 홈네트워크 등의 도시 환경에 필수적인 제반 분야에 두루 적용함으로써 도시생활의 편의 증대, 삶의 질 향상, 체계적인 도시관리, 복지 향상, 그리고 안전보장에 적용이 가능하리라 예상한다.

연구 및 구현 방법으로 Z-Wave 통신 프로토콜을 물리적 계층, MAC 계층, 전송계층, 라우팅 계층으로 분석하며 프로토콜 분석을 통해 시스템 소프트웨어 구현을 위한 전송 알고리즘을 설계하고 프로그램을 코딩한다.

시스템 하드웨어 구현을 위해 센서 보드에는 Z-Wave 통신을 위해 Zensys에서 나온 868.42MHz 대역의 ZW0201 칩을 사용하고 센서 노드의 동기화 및 컨트롤을 위해 ZW0201에 내장되어 있는 8051 계열 8bit Microcontroller를 사용한다. 8051은 16MHz 클럭으로 동작하고 2kbyte의 램 메모리와 32kbyte의 플래시 롬 메모리를 내장하며, 마이크로프로세서로 이용하여 필요한 디지털 센서 값들을 전송하거나 받도록 하고, 마스터 센서 보드는 UGI(User Graphic Interface)를 사용하여 컴퓨터와 RS-232c로 연결한다. 센서는 홈네트워크에 사용되는 여러 센서 중 SENSIRION사에서 개발한 SHT11 온습도센서를 사용한다. Z-Wave칩 ZW0201의 컨트롤 및 GUI제작은 C언어를 사용하며, Zensys사에서 개발한 Developers Kit에서 제공하는 컴파일러를 사용한다. 제작된 Z-Wave 기반 온습도 센서 보드의 성

능 측정을 위해 센서와 Controller와의 디지털 데이터 측정은 Digital Oscilloscope로 측정하고, OUTPUT POWER는 Agilent사의 Spectrum Analyzer로 측정 하며, 통신 거리 및 신뢰성 측정은 시야거리에서 높이 0m, 0.75m, 2m에서 각각 실시한다.



## 제 2 장 USN 시스템

### 2.1 USN 개요 및 구성

#### 2.1.1 USN의 정의

USN(Ubiquitous Sensor Network)는 물리공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적인 데이터를 센서노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드(base-station 혹은 sink)로 전달하는 센서노드들로 구성되는 네트워크이므로 멀티 홉 무선 네트워크 형태의 다수의 분산 센서 노드들로 구성된다. 센서 네트워크는 통상적으로 특정 지역에 소형의 센서노드를 설치하여 주변 정보 또는 특정 목적의 정보를 획득하고, 베이스 스테이션이 정보를 수집하여 이를 활용하기 위한 서비스 환경을 말한다. 센서 네트워크가 기존의 네트워크와 구분되는 점은 기본 목적이 상호간의 정보 전달보다는 자동화된 원격 정보의 수집에 있다는 것이다. 즉, 각 센서노드가 특정 목적을 위해 필요한 주변정보를 센싱하고, 센싱된 정보를 센서노드 간의 무선통신을 이용하여 특정 지점으로 자동화된 방식으로 전달함으로써, 사용자가 센서 필드 주변의 정보를 원격으로 수집하여 활용할 수 있다는 것이다. 이러한 센서 네트워크의 전통적인 개념은 무선의 센서필드 개념을 중심으로 불특정 공간에 배포된 센서로부터 수집된 정보를 일괄적으로 활용하는 무선 센서 네트워크를 의미하며 주요 응용분야는 그림 2.1과 같다.



그림 2.1 USN 응용분야

Fig. 2.1 USN Applications.



### 2.1.2 USN 특징 및 구조

USN 특징중 중요한 장점은 낮은 사양의 하드웨어를 이용하여 무선 Ad-Hoc네트워크를 구성할 수 있는 점이다. 예를 들어 지금까지 개발된 블루투스, 무선랜등의 무선 네트워크 기술들은 반드시 컴퓨터, PDA 같은 고급 컴퓨팅 장치를 필요로 하는데 센서 네트워크 노드는 독자적으로 네트워크를 구성한다. 이런 네트워크 구성의 용이성 때문에 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 기반기술로 사용될 수 있는 것이다.

Ad-Hoc 네트워크는 분산형 무선통신 네트워크를 말하며 액세스 포인트(AP)와 같은 특정한 기지국에 의존하지 않고 이동 단말로만 구성된 네트워크를 말한다. 따라서 송수신을 담당하는 단말시스템 자체가 각각의 작업을 수행하고 또한 동시에 다른 단말기에서 보내오는 신호를 중계하는 역할을 담당한다. 이러한 구조의 장점은 기지국에 중대한 문제가 발생하여 중계업무를 원활히 수행 할 수 없을 시에도 모든 단말기가 정상작동될 수 있다는 안정성을 확보할 수 있다.

또한 단말기와 단말기가 릴레이 형태로 연속적인 중설이 가능하므로 AP를 설치할 수 없는 특수한 지역이나 광범위한 지역을 커버할 수 있다는 장점을 갖는다. 최근에는 이러한 기법을 이용하여 해상이나 섬지역의 데이터 통신에 적용하려는 추세이다.

하지만 이러한 방법의 단점은 멀리 떨어져 있는 단말기나 센서노드가 주 네트워크와 동기화된 싱크노드로 정보가 전달되려면 많은 시간이 소요된다는 점과 중간에 데이터가 유실 될 가능성이 많다는 점이다. 따라서 이러한 방법의 적용 범위는 빠르지 않은 신호를 전달하거나 광범위한 지역에서 많은 센서노드를 수용해야 할 때 좋은 방법이라고 말할 수 있다. 그림 2.2는 Ad-Hoc 방법을 이용하여 센서네트워크를 구성한 예를 나타내고 있다.

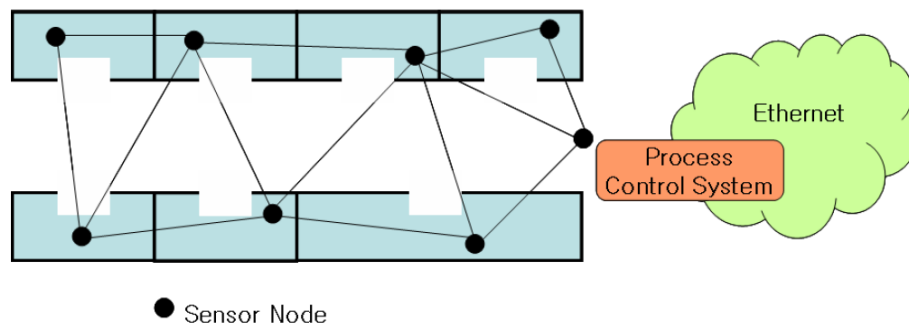


그림 2.2 Ad-Hoc을 이용한 센서 네트워크 구성

Fig. 2.2 Structure of ensor network using Ad-Hoc.

무선 센서 네트워크는 수백에서 수천개의 노드가 설치된 상황을 요구하는 경우가 많다. 이러한 상황에서 일일이 모든 노드의 배터리를 교체할 수 있는 상황이 될 수 없기 때문에 응용에서 요구하는 시스템의 전원 수명을 보장해야한다. 또한 주로 8bit CPU에 8kByte 미만의 데이터 메모리, 128Kbyte의 프로그램 메모리를 가진 하드웨어 장치에서 안정적인 동작과 실시간 작업들의 지원, 보안 등의 운영상 요구사항 역시 만족해야한다.

무선 센서 노드는 일반적으로 센서와 무선통신 부분 그리고 micro-controller를 중심으로 한 디지털 주변장치들로 구성된다. 주로 센서 또는 작동기(actuator)등으로부터 신호처리 결과 데이터 또는 제어 신호를 무선통신의 메시지 송수신을 통해 주고 받는다. 또한 다양한 환경에 설치되고 독립적으로 동작하는 응용이 대부분인 상황에서 작은 전원장치로 수년의 장기간 동작해야하기 때문에 저전력 동작이 필수적이다.

센서 네트워크에 사용되는 센서는 무인으로 동작되거나 사람이 접근하기 힘든 환경에서 동작하는 경우가 대부분이다. 또한 다량의 센서를 유포하여 센서 네트워크를 형성하는 경우가 많아 센서 노드의 크기가 작고 가격이 저렴해야 하므로 노드의 소모 전력량과 데이터 처리 능력에 제한이 있게 된다. 이런 센서의 제약 사항들과 센서 네트워크의 용도에 따라 네트워크에서 원활한 통신을 위해 충족되어야 할 설계 요구조건 및 적합한 라우팅 알고리즘이 다르게 된다. 센서 네트워크의 주요 네트워크 구조(토폴로지) 및 특징은 센서노드의 제한된 자원(배터리 등) 등으로 인해 대부분의 경우에 1홉(hop)간의 통신이 아니라 멀티 홉 라우팅을 통하여 산재

해 있는 센서들 간 통신이 이루어지게 되고, 최종적으로 싱크노드(Sink Node)를 통해 센서로부터 취득한 데이터를 취합하게 된다. 여기서 싱크노드는 센서네트워크에서 이루어지는 센싱 정보를 위한 통신의 최종 목적지로서, 기존의 전통적인 유무선 네트워크와 센서 네트워크의 게이트웨이 역할을 한다.

USN의 구조는 하드웨어, 운영체제, 통신, 미들웨어, 애플리케이션 등의 으로 구분할 수 있다.

하드웨어 분야는 센싱 정보의 전송량, 전송속도에 따라 선택의 폭이 다양하고, 센서노드 하드웨어 플랫폼 분야에서는 센싱, 정보처리, 통신의 기본 기능 이외에 위치추적, 이동성 관리, 전원 관리 기능 등이 포함된 스마트 기기 개발이 진행되고 있다.

운영체제 분야에서는 CPU 자원, 메모리, 전원 등의 제한된 자원 환경에서 통신 및 시스템을 관리하는 기본적인 기능 이외에, 상황 인식, 이벤트 처리, 실시간 데이터 처리 등을 수행할 수 있는 연구들이 진행되고 있다.

통신 기술 분야는 현재 WSN에서 연구가 가장 활발히 진행되고 있는 분야로서, 센서 네트워크 프로토콜 스택을 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 어플리케이션 계층으로 구분하여 센서노드의 에너지 소모와 관련된 연구들이 중점적으로 수행되고 있다.

미들웨어 분야에서는 저통신비용의 질의처리 방법, 이질적인 센서노드 간의 상호운용 지원방법, 에이전트를 통한 보안/제어 방법, 센서노드 간의 시간 동기화 방법, 소프트웨어 원격 배포/갱신 방법 등의 전반적인 연구들이 진행되고 있다.

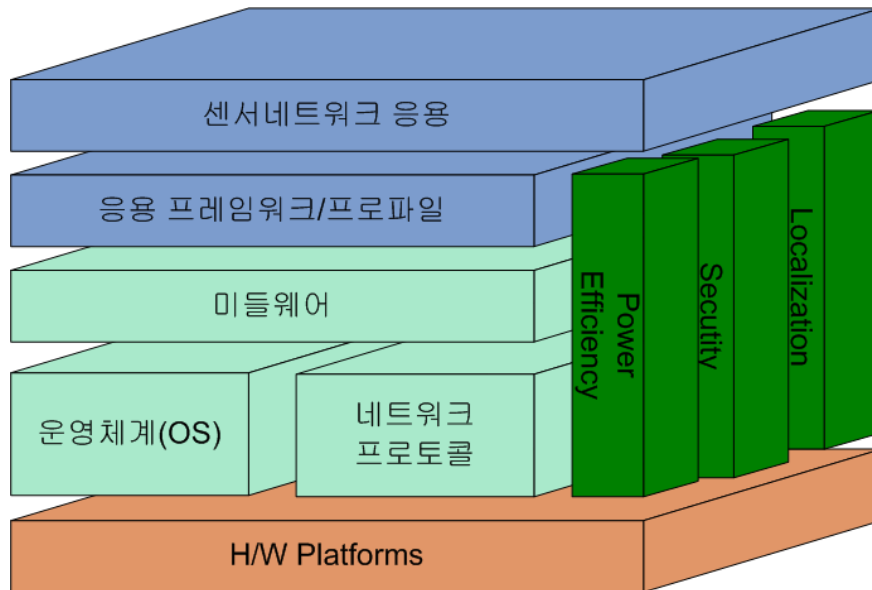


그림 2.3 센서 노드 컴포넌트 구조

Fig. 2.3 The component structure of sensor node.

센서노드란 각종 환경에서 검출된 데이터를 유무선 데이터 통신망을 통해 전달하는 시스템으로 데이터처리, 통신경로 설정, 미들웨어처리 등을 수행하는 프로세스와 통신모듈을 포함한다. USN을 우리 인체에 비교해 보면 센서노드는 인체의 신경세포에 해당되며, 센서 네트워크는 신경망으로, USN 기반 정보시스템은 인체의 모든 상황을 제어하는 두뇌로 각각 비유할 수 있다.

전체적인 USN 아키텍처는 그림 2.4과 같다. 그림에서 보면 각 Access Network는 IPv6 기반의 BcN으로 인터넷 통합망을 지칭하며 이는 USN 센서 노드에 IPv6가 적용될 것을 의미한다. 또한 센서 네트워크의 애플리케이션을 위해 미들웨어로써 서비스 플랫폼이 제공되어 사용자는 이를 통해 차세대 네트워크인 지능화된 센서 네트워크를 자유롭게 사용하게 된다.

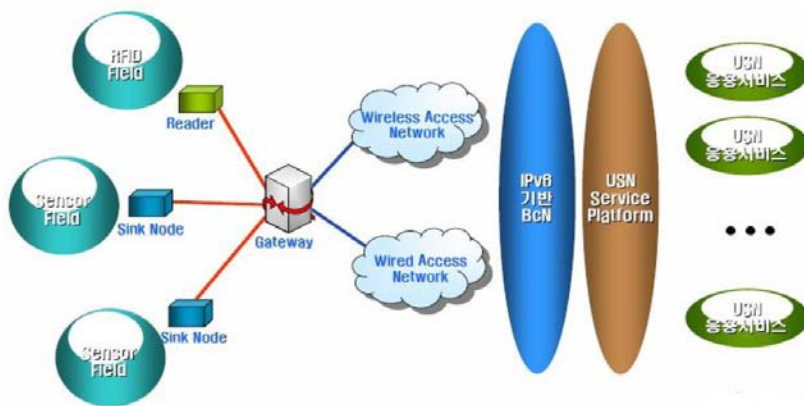


그림 2.4 USN 개념도

Fig. 2.4 Schematic diagram of USN.

## 2.2 USN 핵심기술 및 표준화 동향

### 2.2.1 USN 핵심 기술

USN을 구성하는 핵심기술에는 표 2.1 에서 보듯이 센서노드 하드웨어 플랫폼, 운영체제(OS), 각 센서노드들 간의 통신 기술, USN을 관리하고 정보시스템과 연계하기 위한 미들웨어, 정보보호 기술 및 정보자원관리 기술 등으로 구분할 수 있다. 간단히 각 분야들의 특징을 보면 센서노드 하드웨어 플랫폼은 센서를 이용해 주위 환경정보를 획득하는 일반적인 센서노드와 외부 네트워크 인터넷과 연동을 위한 연동노드인 싱크노드, 게이트웨이로 구성된다. 기타 운영체제 및 미들웨어 기술, 네트워크 기술, 최근 이슈가 되고 있는 정보보호 기술에 대한 내용들은 다음에서 세부적으로 기술한다.

표 2.1 USN 핵심 기술

Table 2.1 Core technology of USN.

구 분	내 용
센서노드 하드웨어기술(H/W)	각종 센서노드, 라우팅로드, G/W로드 등
운영체제 (OS)기술	임베디드 운영체제
USN 미들웨어 기술	센서노드의 데이터 수집, 저장, 관리
USN 네트워크 기술	다수의 센서노드간 통신
USN 정보보호 기술	정보보호 기술

센서노드 하드웨어 기술은 일정지역에 작은 노드들을 수개에서 수천개 까지 설치하여 통신하는 구조를 갖는다. 센서를 이용해 주위환경을 센싱 하는 일반적인 센서노드와 외부 네트워크와 연동하는 싱크노드 또는 게이트웨어로 구성된다.

센서노드는 한번 설치하면 유지보수가 용이하지 못하고 수십번에서 수천번까지 통신하는 구조를 가지고 있는 특수성 때문에 견고한 구조 및 저전력으로 설계되어야 하는 특성이 있다.

센서노드는 그림 2.5과 같이 센서 모듈, 프로세스 모듈, 통신 모듈로 이루어진다. 센서 모듈은 각종 센서 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술과 Bio칩 기술을 접목한다.

센서노드에 사용하는 대표적인 MCU(Micro Controller Unit)로는 Atmel의 Atmega128L, TI MSP430, 마이크로칩의 PIC18F 등이 있으며 센서노드 인터페이스는 센서 인터페이스 표준화 그룹인 IEEE 1451이 있다.

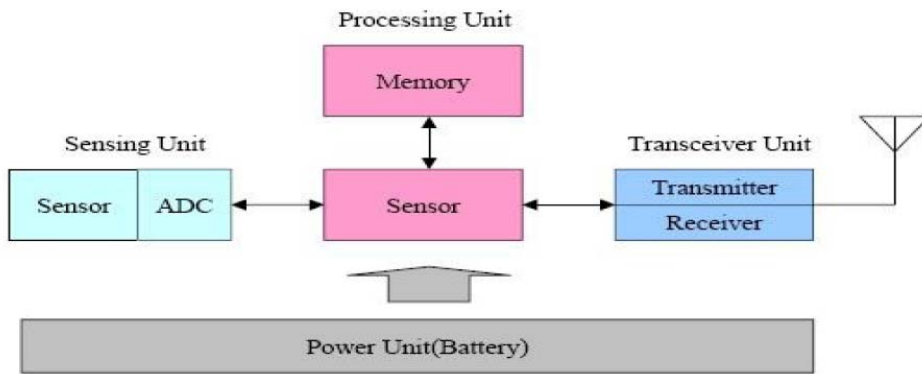


그림 2.5 센서노드 구조

Fig. 2.5 Structure of sensor node.

센서 네트워크 프로세서는 저 전력을 기반으로 작은 크기를 가지면서 에너지 효율은 높아야 하는 특성이 있다. 앞서서도 잠시 언급했듯이 현재 Atmel, ARM, Motorola 등의 프로세스를 사용하고 있으나, 향후 다양한 응용서비스분야에 적합한 센서 네트워크 프로세스 개발이 필요하다.

USN을 구성하는 OS기술은 센서노드 자체가 초소형 컴퓨팅 단말인 관계로 각종 장치를 구동 관리하고 애플리케이션 실행을 위한 OS가 필요하다. 센서노드 OS에 요구되는 기술적 요구사항은 저 전력 통신, 메모리의 효율적 관리, 노드간 시간 동기화, 효율적인 I/O, 동적 환경대응, 멀티 홉 라우팅 지원, 손쉬운 프로그래밍을 위한 API 지원 등이다. 이런 다양한 기술적 요구 사항을 충족하는 센서노드 OS는 약 32~128Kbyte 수준의 작은 메모리에 설치되어야 하며, OS와 애플리케이션이 이용할 수 있는 저장 공간 역시 4~8Kbyte에 불과하기 때문에 센서노드용 OS와 애플리케이션 개발과정은 메모리를 효율적으로 사용하여야 한다.

주요 센서노드용 OS로는 스마트 먼지 프로젝트에 적용하기 위해 개발된 UC버클리의 Tiny OS, UCLA에서 개발한 SOS, 멀티 스레드를 지원하는 콜로라도 대학의 MANTIS, 그리고 일본 TRON 프로젝트에서 개발한 T-Engine등이 있다. 국내에서는 한국정보통신대학교의 ANTS, ETRI의 Nano-Qplus등이 대표적 센서노드용 OS이다.

미들웨어 기술은 기본적으로 다수의 소프트웨어 사이에서 통신을 기반으로 다양한 정보의 수집, 처리, 교환을 중개하는 소프트웨어를 말한다. 센서노드와 센서 네트워크의 원활한 운영과 USN 기반의 응용서비스 구현을 효율적으로 가능하게 하는 것이 USN 미들웨어이며, 미들웨어는 기본적으로 네트워크 요소의 개발, 센서노드의 배포, 유지 및 관리, 감지기반의 응용 수행을 원활하게 하는 것을 기본적으로 하며, 표 2.2 에서 보듯이 센서노드 자체를 위한 미들웨어(센서노드 미들웨어)와 USN 서비스 제공과 관리를 위한 미들웨어(USN 미들웨어)로 구분할 수 있다.

표 2.2 센서노드 미들웨어와 USN 미들웨어 비교

Table 2.2 Compare middleware of sensor node with middleware of USN.

	센서 노드 미들웨어	USN 미들웨어
목적	센서 노드와 센서 네트워크 관리	이종 센서 노드, 센서 네트워크의 통합 관리, 센서 노드와 서비스간 연계
범위	U-센서 노드와 싱크노드 사이	싱크노드와 USN 정보시스템 사이
주요	센서 노드의 재프로그래밍	USN 디렉토리, 센서와 네트워크 모니터링
기능	센서 네트워크 변화 지원, 센싱 데이터의 로컬 처리, 이벤트 처리	상황 수집과 상황 정보관리, 서비스 연계 개방형 API, 센싱 정보의 필터링, 통합, 분석
종류	TinyDB, Cougar, SINA	인텔 아리스넷, 센서-그리드, 센서-웹
(사례)	DSWare, MiLAN	OSWA

센서노드 미들웨어는 애플리케이션과 환경변화에 따른 센서노드의 재프로그래밍, 센서 네트워크의 변화 지원, 센싱 데이터의 처리, 저장, 질의 처리 기능, 이벤트 처리기능 등을 제공하며, 주로 센서노드와 게이트웨이(싱크노드) 영역으로 국한된다. 센서노드 미들웨어에는 TinyDB, TinySec, Cougar, SINA, DSWare, MiLAN 등이 있다. 반면 USN 미들웨어는 센서 네트워크로부터 수집한 센싱 데이터를 필터링, 통합, 분석해 의미 있는 상황 정보를 추출, 저장, 관리, 검색하고 그 정보를 응용서비스로 전달해, USN



서비스간 연계, 통합을 용이하게 하는 기술이다.

USN 미들웨어는 USN 디렉토리 서비스, U-센서노드 모니터링, USN 상황 정보관리 서비스, USN 서비스 연계를 위한 개방형 API 등의 구성요소로 이루어진다. 또한 이미 많은 연구가 진행된 센서노드 미들웨어에 비해 연구가 아직 초기단계이며, 인텔아리스넷, 센서-그리드(Sensor-Grid), 센서-웹(Sensor-Web), OSWA(Open Sensor Web Architecture) 등이 대표적 USN 미들웨어 R&D 프로젝트이다. 표2.3에는 주요 USN 미들웨어별 특징 및 한계점을 기술하였다.

표 2.3 주요 USN 미들웨어별 특징 및 한계점

Table 2.3 Features of USN middleware and a limit.

USN미들웨어	주요특징	한계점
<b>TinyDB</b> (Berkeley)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○센서 네트워크를 가상의 분산 데이터베이스로 간주</li> <li>○Server와 in-network 미들웨어가 협력적으로 동작 aggregation 지원</li> <li>○TinyOS 기반으로 동작, SQL-like 질의 언어 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○TinyOS 기반의 센서노드에서만 이용이 가능하며, 센서노드에 신규 기능을 추가할 때, 모든 센서노드가 보유하고 있는 질의 처리기 모듈을 수정해야 함</li> </ul>
<b>Cougar</b> (Cornell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○모든 센싱정보를 서버에 불러온 다음, DB 기반 접근 방식으로 질의를 처리함.</li> <li>○Server-side 미들웨어, SQL-like 질의 언어 지원</li> <li>○질의 수행 최적화 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Server-side 미들웨어로서, 서버 시스템이 모든 센싱정보를 유지하고 있어야 하기 때문에 모든 센서노드들이 센싱정보를 모두 서버로 전송해야 함</li> </ul>
<b>SINA</b> (Delaware)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Cougar와 유사한 server-side 미들웨어로, SQL-like 질의언어를 지원</li> <li>○지리적으로 인접한 센서노드들을 계층적 cluster로 묶어서 관리함 (cluster head 노드 이용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Cougar와 마찬가지로 서버 시스템이 모든 센싱정보를 유지하고 있어야 함</li> <li>○Cluster head 노드들이 센싱정보를 모두 서버로 전송함</li> </ul>

표 2.3 (a)

USN 미들웨어	주요특징	한계점
Impala (Princeton)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○센서노드 기능의 동적 갱신 지원</li> <li>○Binary 명령어를 수행할 수 있는 모바일 코드 기술을 이용하여 노드의 기능을 실행 시에 동적으로 변경</li> </ul>	○Hewlett-Packard 제품에 의존적인 미들웨어로서, 이종의 센서노드들에 대한 추상화를 지원하지 않음
DSWare (Virginia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ODB 방식으로 SQL-like 질의언어를 지원</li> <li>○in-network aggregation 지원</li> <li>○센서노드들에 대한 동적인 그룹 관리 방법 지원</li> </ul>	○특정 제품의 센서노드 하드웨어에 대한 의존적인 미들웨어로서, 이종의 센서노드들에 대한 추상적인 인터페이스 제공 기능이 부족함
Milan (Rochester)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○USN 응용 시스템의 QoS 요구 처리 기능 지원</li> <li>○QoS 요구와 센서 네트워크의 리소스를 비교 분석하여 센서 네트워크의 lifetime은 최대화하면서 QoS요구를 최대로 만족시키고자 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○USN응용서비스에 tightly-coupled 되어 있어서 이종의 센서노드들에 대한 추상화를 지원하지 않음</li> <li>○모바일 센서노드를 지원하지 않음</li> </ul>
Mate (Berkeley)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○센서노드 기능의 동적 갱신지원 (TinyOS 기반)</li> <li>○Byte code와 Virtual Machine(VM) 기반의 센서노드 기능을 실행 시에 동적으로 변경할 수 있음</li> </ul>	○센서노드가 VM 기반으로 구성됨으로써, 복잡한 기능의 갱신일 때 interpretation 과정으로 인한 추가의 리소스 손실이 있음
COSMOS (ETRI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○다양한 유형의 질의 지원 (일시성, 연속성, 이벤트)</li> <li>○대용량 센서 네트워크 환경에 대하여 대량의 동시 질의 처리 지원</li> <li>○이종의 센서 네트워크에 대한 추상화 기능 지원</li> </ul>	○In-network aggregation과 같은 센서노드 미들웨어 기능이 부족함

표 2.3 (b)

센서 네트워크 특성상 센서노드가 노드 자체의 자원에 제약을 받기 때문에 마이크로 운영체제, 통신 프로토콜 및 응용프로그램 등 센서노드에 필요한 요소들이 모두 최적화되어 제한된 환경 내에 모두 탑재하여야 한다. 다양한 응용서비스 적용 및 최적화를 위해선 여러 가지 현장 상황에 적합한 미들웨어 기술이 설계, 개발되어야 할 것이다.

센서 네트워크 통신 기술의 계층은 여러 종류의 통신망과 네트워크를 거쳐 종단 시스템들끼리 정보를 주고받을 수 있는 기능을 제공하는 계층으로 센싱의 정확성과 감지 영역의 확장성을 위해, 또한 다수의 센서노드들로 구성되기 때문에 대규모 네트워크 환경에서의 상황변화에 최적화할 수 있는 자가 구성 및 노드들 간의 상호협력능력이 가능한 무선 네트워킹 기술이 필요하다. 센서 네트워크의 프로토콜 스펙은 그림 2.6와 같다.

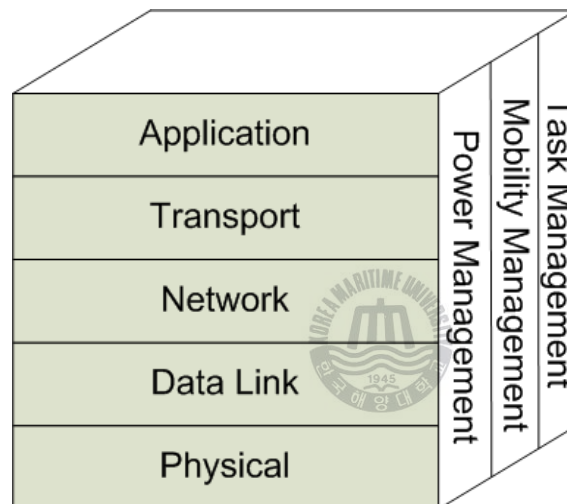


그림 2.6 센서 네트워크 프로토콜 스펙

Fig. 2.6 Specification of sensor network protocol.

물리계층은 데이터 전송을 위한 물리적 통신 기능을 담당한다. 짧은 전송범위를 가지기 때문에 저 전력 에너지 소모기법 및 효율적인 변조기법과 이에 대한 알고리즘이 필요하다. 아울러 신호전송 실패를 최소화 할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

데이터링크 계층은 센서노드들 간에 데이터 전송을 위한 기본적인 전송 기법을 제공하는 계층이다. 에너지 효율적 데이터의 전송 및 노드들간의

동기화, 위치정보 감지기법 등이 필요하다. 에너지 자원이 부족한 센서노드의 통신 에너지 소비를 최소화 하기 위한 MAC이 필요하다.

센서 네트워크의 통신 기술은 저 전력, 저 가격을 목표로 하는 Z-Wave, 블루투스, HomeRF, ZigBee, 고속의 무선랜 기술, 유선 1394의 단점인 브릿지 기능을 무선으로 해결하기 위한 무선 1394, UWB 및 Z-Wave등이 있다. 센서와 싱크를 연결하기 위한 무선 통신 기술은 표 2.4과 같다.

표 2.4 무선 통신 기술

Table 2.4 Wireless communication technologies.

	Z-Wave	Zigbee	Bluetooth	UWB	WLAN
주파수	868.42MHz 908.42MHz	2.4GHz	2.4GHz	3.1-10.6GHz	2.4GHz
전송 속도	9.6 kbps 40 kbps	250kbps	1Mbps	100Mbps	11Mbps
전송 범위	70m	70m	10m	10m	50m
변복조	FSK	OQPSK	FFHSS	임펄스	DSSS
특징	저속/저전력	저속/저전력	Ad Hoc 음성 채널3	A/V	데이터전송

### 2.2.2 USN 관련 표준화 동향

국내에서 센서 네트워크에 대한 정확한 표준은 아직 발표되지 않았으나, 해외에서는 이미 센서 네트워크의 표준화 그룹이 존재하고 있으며 활발한 연구가 이루어지고 있다. 1993년 NIST와 IEEE가 공동으로 시작하여 발표한 IEEE1451은 센서 네트워크를 위한 새로운 표준화 그룹으로 센서 네트워크의 여러 분야를 표준화 하였다. 이 외에도 IEEE 802.15워킹 그룹, ZigBee Alliance, IETF 6LoWPAN 워킹 그룹, IPv6 Convergence워킹 그룹 등이 활발히 활동하고 있으며 다양한 분야에서 표준화를 연구하고 있다.

국내 TTA에서도 RFID/USN의 표준화를 진행하기 위해 2004년 USN 표준화 포럼을 설치하고 기술분과, 응용분과, 네트워크분과, 응용분과 등 네

가지 분과로 나누어 표준화를 시작하였으며 현재 활발한 활동을 하고 있다. 그림 2.7을 보면 국내 주요기관 및 연구단체들의 표준화 추진체계 및 구조를 알 수 있다.

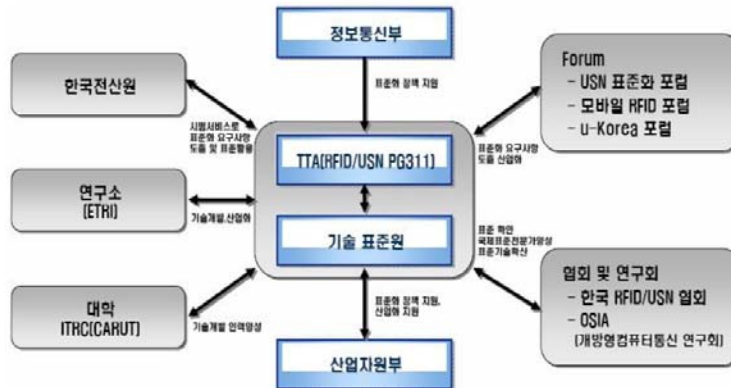


그림 2.7 국내 USN 표준화 동향  
Fig. 2.7 standardization movement of domestic USN.

특히 IPv6 Convergnce 워킹 그룹은 국내 워킹 그룹이다. 이 그룹은 분야에 대한 구분없이 IPv6를 적용할 수 있는 영역을 찾아 이에 대한 협력 및 국내에 IPv6를 적용할 수 있는 영역을 찾아 이에 대한 협력 및 국내에 IPv6 기술을 조기에 도입하여 이와 관련된 시장을 활성화 하는게 목적이다. 최근 정부는 미래 IT 시장을 선도하기 위한 성장전략으로 IT839 전략을 IT 미래시장 핵심으로 부각 시키고 있다. 향후 차세대 인터넷 주소 체계인 IPv6를 USN기술에 접목 시키는 작업을 활발히 진행하고 있다.

## 제 3 장 Z-Wave 시스템

### 3.1 Z-Wave 센서 네트워크 개념

본 논문에서는 USN 통신 기술의 하나인 Z-Wave를 접목시켜 온/습도 무선 네트워크 시스템을 구현하려 한다. 센시스가 주축이 된 Z-Wave Alliance에서 제정한 홈오토메이션 무선 전송방식 표준. 900MHz 대 주파수로 10~40kbps의 전송속도를 갖는 무선 RF 기술로 양방향 통신을 지원하는 무선 Mesh기술을 사용하며 ZigBee에 비해 전력 소모면에서 우수하다.

센서 네트워크란 센싱 기능과 정보 처리 능력 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서 노드들로 구성되며, 특히 서비스 영역에 배치된 후 자동적으로 ad-hoc 네트워크를 형성하고 정보를 수집 및 처리함으로써 응용 서비스를 제공해준다. 센서란 열, 빛과 같은 물리현상을 전기적 신호로 변환하는 모듈이고, 센서 노드(sensor node)란 통신 기능을 갖춘 마이크로프로세서 보드에 센서가 장착된 것을 말한다. 무선 센서 네트워크는 여러 개의 노드들이 컨트롤러노드를 통한 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다. 센서노드들은 센싱된 값을 ad-hoc 네트워크를 통해서 컨트롤러 노드에게 센싱된 값을 전송한다. 컨트롤러 노드는 PC, 서버로 각 노드들에 대한 센싱된 값을 전송하며 그림 3.1과 같다.

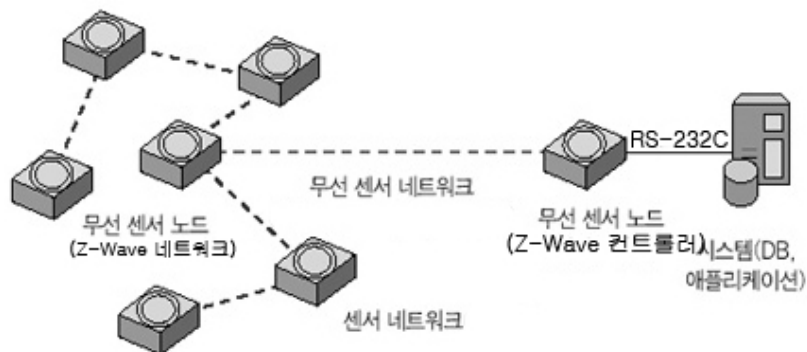


그림 3.1 Z-Wave 센서네트워크 개념도

Fig. 3.1 Schematic diagram of Z-Wave sensor network.

표 3.1 Z-Wave와 Zigbee 특징

Table 3.1 Features of Z-Wave and Zigbee.

		Z-Wave(ZW0201)	Zigbee(CC2420)
RF Transceiver	Frequency	868.42MHz(EU)/ 908.42MHz(US)	868.42MHz(EU)/ 908.42MHz(US) 2.4GHz(Global)
	Data rate	9.6 kbps/ 40 kbps	20 kbps /40 kbps /250 kbps
	High sensitivity	9.6 kbit : -104 dBm 40 kbit : -101 dBm	250 kbps : -94 dBm
	Modulation	FSK	O-QPSK
	Coding	Manchester Coding	No Use Spreading/PSK
Microcontroller	Core	8051 MCU	8051 MCU
	Clock Frequency	16MHz	16MHz
Memory	Flash Memory	32 kbyte	32 kbyte
	SRAM	2 kbyte	2 kbyte



### 3.2 Z-Wave 프로토콜 분석 (Z-Wave 통신 계층적 분석)

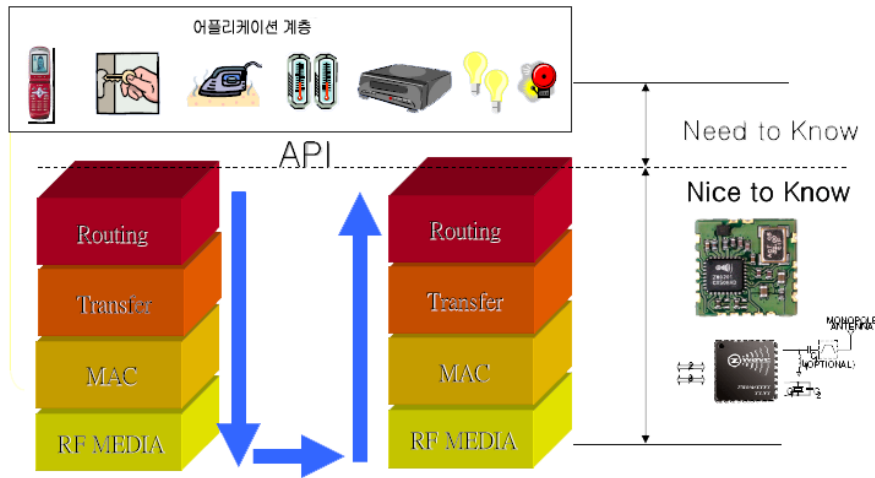


그림 3.2 Z-Wave 계층적 구조

Fig. 3.2 The layer structure of Z-Wave.

#### 3.2.1 물리계층(Physical Layer)

물리 계층은 RF MEDIA 으로 이루어져있으며, 전송방식은 Manchester 코드와 NRZ 코드를 사용하고 있으며, 변조 방식은 FSK 방식을 사용한다.

#### 3.2.2 맥 계층(Mac Layer)

Z-Wave Mac layer는 RF 구성되며 데이터 흐름은 Manchester 코드로 되어있고 헤드, 시작 프레임(SOF), 데이터와 마지막프레임(EOF) 구조로 되어있으며 프레임 데이터는 프레임의 부분이며 이것은 전송계층으로 넘겨주게 된다.



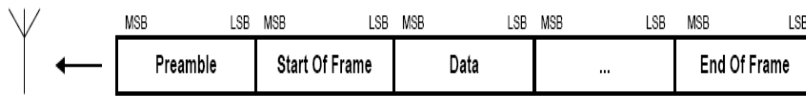


그림 3.3 MAC 계층의 FRAME 전송 구조

Fig. 3.3 The transmission structure of MAC layer's FRAME.

모든 데이터들은 little endian 방식으로 전송되며, 맥 계층은 물리계층과, 주파수와 변조 방법에 있어서 독립적이지만 Mac layer는 전송받은 프레임 데이터의 access와 디코드 된 비트 스트림과 Manchester 코드로 된 비트 스트림의 이진화 된 전체 코드로 되어있다.

데이터들은 8비트 블록으로 한 바이트씩 전송하며, 대부분의 중요한 비트는 첫 번째와 DC free 신호를 갖는 Manchester 코드로 전송한다.

맥 계층에서는 충돌방지(Collision avoidance) 기능을 하고 있다.

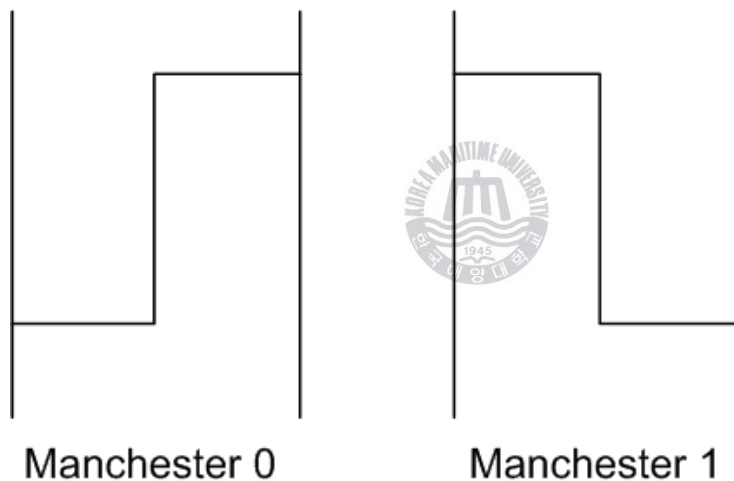


그림 3.4 Manchester 코드

Fig. 3.4 Manchester code.

맥 계층에서는 충돌회피/방지를 위해 랜덤 백 오프 알고리즘을 사용한다. 랜덤 백 오프 알고리즘은 CSMA위에서 동작하는 알로하 알고리즘을 구현한 것이다.

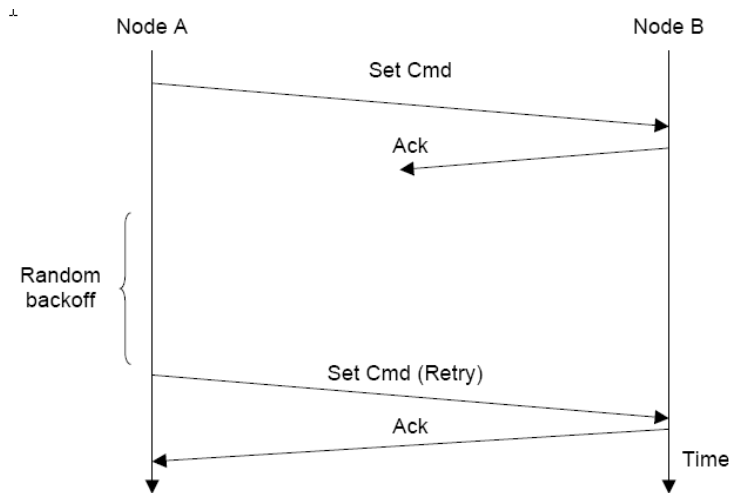


그림 3.5 Backoff 알고리즘

Fig. 3.5 backoff algorithm.

CSMA 방식은 망을 선점하기 위해 망을 사용하고 있는가를 판별 후에 만약 망이 free라면 전송을 하고 busy라면 기다렸다가 보내는 방식이다. 그러나 CSMA 방식은 충돌을 회피하기 위해서는 유용하지만 충돌을 방지하기 위한 알고리즘은 아니다.

랜덤 백 오프 알고리즘은 충돌을 방지하기 위한 알고리즘으로 A스테이션이 패킷을 전송하는 도중에 B와 C가 동시에 전송요청을 받았다면 CSMA 방식은 B와 C에서 충돌이 발생하겠지만 랜덤 백 오프 방식은 A스테이션이 free해지는 순간 일정 시간 프레임동안 망을 지켜보다가 그리고서 랜덤 백 오프 타임만큼 딜레이를 시켰다가 전송을 하면서 충돌방지를 한다.

이러한 알고리즘을 통해서 패킷 전송에 있어서 충돌을 방지한다.

### 3.2.3 전송계층(Transfer Layer)

Z-Wave 전송 레이어는 두 노드 사이의 추가 재전송, 체크섬 체크와 응답들의 프레임 전송에 관한 것을 컨트롤한다.

#### 가. Frame Layout

Z-Wave 전송 레이어는 네트워크에서 전송 명령을 위한 4가지 기본적인 포맷을 가지고 있다.

- Singlecast Frame Type
- Transfer Acknowledge Frame Type
- Multicast Frame Type
- Broadcast Frame Type

Z-Wave 프레임의 데이터 부분 구조를 다음 그림 3.6와 같이 설계 하였다.



7	6	5	4	3	2	1	0
Home ID							
Source Node ID							
Frame Header							
Length							
Destination Address							
Data Byte 0							
Data Byte 1							
Data Byte 2							
...							
Data Byte n							
Checksum							

그림 3.6 Z-Wave 프레임 구조

Fig. 3.6 The frame structure of Z-Wave.

#### 나. Single cast Frame Type

싱글캐스트는 항상 하나의 노드에게 명령을 내리고, 그 프레임으로 인해 전송한 노드는 받는 노드가 프레임을 받았다는 것을 확인한다. 싱글캐스트 전송은 다음의 프레임 구조를 따른다.

만약 싱글캐스트 프레임이나 수신 응답 프레임이 사라지거나 변조된다면 싱글캐스트 프레임을 재전송 한다.

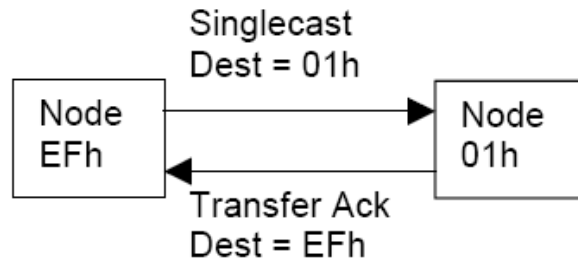


그림 3.7 싱글캐스트 전송 프레임 구조

Fig. 3.7 The frame structure of singlecast.

#### 다. Transfer Acknowledge Frame Type

전송하는 프레임에 대한 응답 프레임이다. 이 프레임 타입은 그림 3.7과 같이 싱글 캐스트 전송에서 수신이 잘되었다는 응답메시지이다.

#### 라. Multicast Frame Type

멀티캐스트 프레임들은 1~232개까지의 노드들에게 전송 된다. 이 프레임 타입은 응답이 없다.

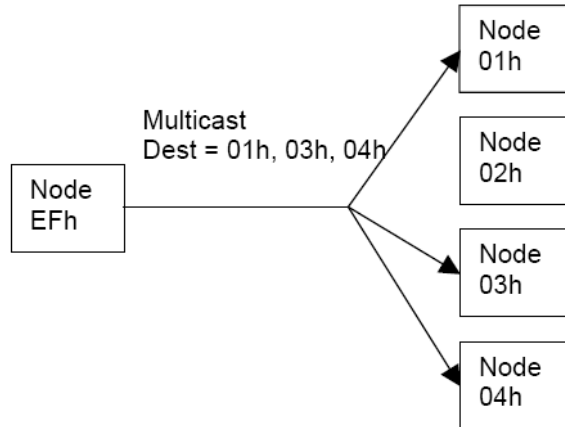


그림 3.8 Multicast Frame 전송

Fig. 3.8 Multicast frame transmission.

멀티캐스트 목적지 주소는 주소가 선택된 각각의 노드들에게 사용되어지며, 멀티캐스트 프레임은 응답을 요구하지 않는다. 그래서 이 타입의 프레임은 커뮤니케이션 하는 데에는 사용 할 수가 없다. 만약 커뮤니케이션 이 필요하다면 멀티캐스트는 각각의 목적지 노드들에게 싱글캐스트 프레임을 보내야 한다.

#### 마. Broadcast Frame Type

브로드캐스트 프레임들은 네트워크에 속한 모든 노드들이 받게 된다.

그리고 프레임은 어떤 노드들도 응답하지 않는다. 브로드 캐스트 프레임도 멀티캐스트처럼 응답을 요구하지 않는다. 그래서 이 프레임 타입은 신뢰할 수 있는 전송에서는 사용 할 수가 없으며 만약 신뢰성 있는 통신 이 브로드캐스트를 필요로 한다면 각각의 목적 노드들에게 싱글캐스트로 전송을 해야 한다.

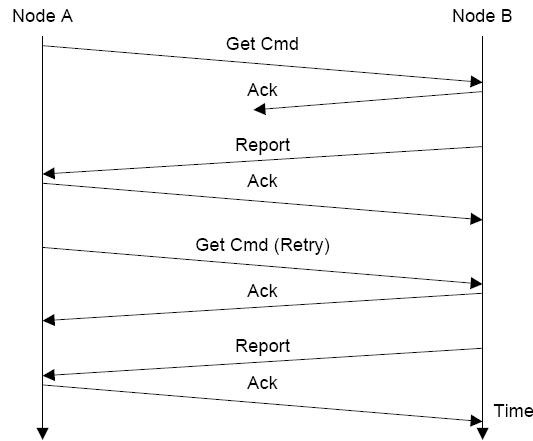


그림 3.9 전송계층에서 재전송

Fig. 3.9 Retransmit of transmission layer.

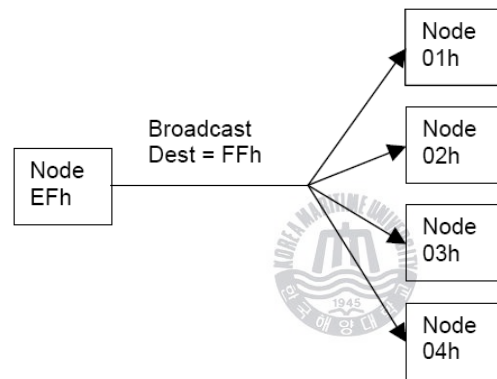


그림 3.10 Broadcast Frame 전송

Fig. 3.10 Broadcast frame transmission.

전송계층에서의 프레임 재전송 플로우 차트는 다음 그림 3.9와 같다.

전송계층에서는 위의 그림 3.9과 같이 재전송이 정의 된다. 노드B에서 명령을 받으면 명령을 수행한다는 Ack를 날리게 되는데 위의 그림처럼 Ack가 노드A에게 도달 안하면 수신이 안된 노드B의 상태를 노드 A에게 알린다. 그러면 수신이 안됐으면 재전송을 하게 되며 그림 3.9와 같이 반복해서 재전송을 하게 된다.

### 3.2.4 라우팅계층(Routing Layer)

Z-Wave 라우팅 레이어는 한 노드에서 다른 노드로 프레임들의 라우팅을 컨트롤 한다. 컨트롤러들과 슬레이브들은 둘 다 항상 대기상태이거나 정적인 위치를 가질 경우 프레임의 라우팅에 관여 할 수 있다. 이 레이어는 프레임과 정확한 리피터 리스트의 전송과, 프레임은 노드간의 통신에서 리피트 되어진 것을 보증하는 두 경우 모두에 대해서 책임이 있다. 라우팅 레이어는 또한 네트워크 토폴로지 스캐닝과 컨트롤러에서 라우팅 테이블을 지속시키는 책임이 있다.

#### 가. Frame Layout

Z-Wave 라우팅 레이어는 프레임의 리피팅이 필요한 경우 2가지의 프레임 구조를 갖는다. Routed Single cast Frame Type은 Z-Wave에서 라우트된 싱글캐스트는 그림 3.11과 같이 한 노드의 목적지 프레임과 응답을 포함한다. 프레임은 리피터의 정보를 가지고 있으며, 그 프레임은 한 리피터에서 다른 리피터에게로 그 프레임의 목적지에 도달 될 때 까지 리피트 된다.

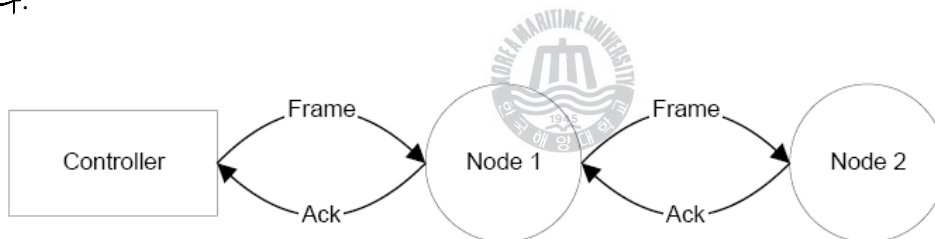


그림 3.11 Routed Single cast Frame 전송

Fig. 3.11 Routed single cast frame transmission.

#### 나. Routed Acknowledge Frame Type

Z-Wave 라우트 응답은 라우트된 페이로드가 없는 싱글캐스트 프레임이다. 이것은 컨트롤러에게 사용되어진다.



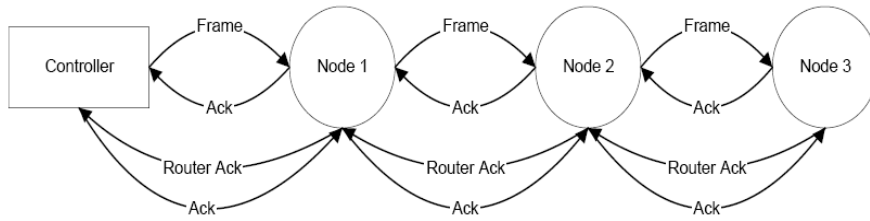


그림 3.12 Routed Acknowledge Frame 전송

Fig. 3.12 Routed acknowledge frame transmission.

#### 다. Routing Table

라우팅 테이블은 컨트롤러가 노드들로부터 받은 네트워크 토폴로지 정보를 가지고 있는 것이다. 테이블은 하나의 비트 필드 테이블로 되어있고 각각의 정보는 노드들이 서로 서로를 바로 볼 수 있는가에 관한 것이다. 라우팅 테이블은 프라이머리 컨트롤러 기반으로 만들어 지고 프라이머리 컨트롤러는 네트워크에 속해 있는 모든 노드들에게서 정보를 얻고, 인스톨 되었을 때 모든 노드들의 범위를 알 수 있다.

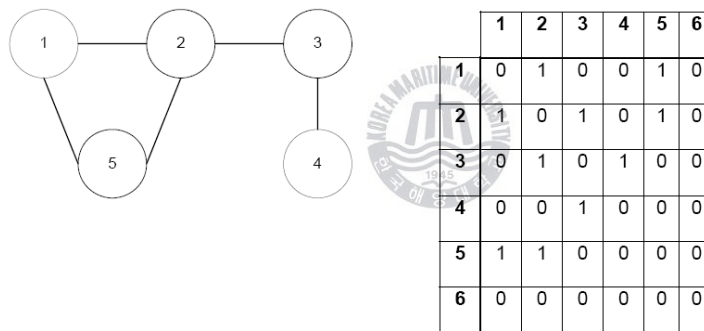


그림 3.13 네트워크 토폴로지 라우팅 테이블

Fig. 3.13 Routing table of network topology.

#### 라. Route to Node

라우팅하는 한 노드를 찾는 것은 매우 힘들다. 왜냐하면 포터블 컨트롤러는 많이 움직일 수 있다. 그러므로 포터블 컨트롤러는 항상 각 노드와의 범위를 라우팅 없이 검색하고, 각 노드들에 대한 최적의 라우팅 정보

를 가지고 있다.

### 3.2.5 응용계층(Application Layer)

Z-Wave 어플리케이션 레이어는 Z-Wave 네트워크에서 디코딩과 명령 실행의 책임을 가진다.

#### 가. Frame Layout

프레임 포맷에 사용된 Z-Wave 어플리케이션 레이어는 아래 그림 3.14와 같이 설계 한다.

7	6	5	4	3	2	1	0
Single/Multi/Broadcast frame header							
Application command class							
Application command							
Command parameter 1							
Command parameter 2							
...							
Command parameter n							

그림 3.14 Z-Wave 어플리케이션 프레임  
Fig. 3.14 Routing table of network topology.

## 제 4 장 Z-Wave 센서 노드 설계 및 구현

### 4.1 Z-Wave 센서 노드 설계 및 제작

센서 노드의 구성은 다음 그림 4.1과 같이 Z-Wave 모듈, 센서, EEPROM, RS-232, 외부 크리스탈, 전원회로, 차후에 확장을 고려한 PIC 프로세서로 크게 구성된다.

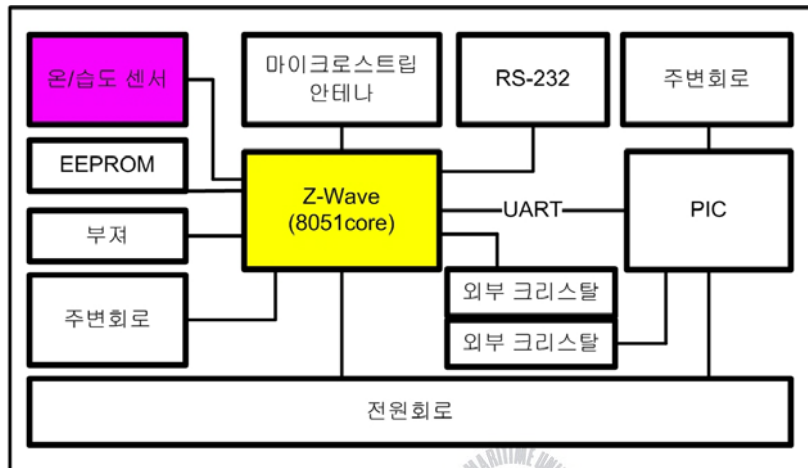


그림 4.1 Z-Wave 보드 블록도

Fig. 4.1 Z-Wave Board block diagram.

센서노드는 Z-Wave Chip을 내장하고 있어서 Z-Wave RF 통신을 한다. 그림 4.1과 같이 Z-Wave Chip을 탑재할 수 있는 회로를 설계했으며, 아래 그림 4.1과 같이 센서노드는 각각 온/습도를 센싱하여 Z-Wave RF로 통신하여 컨트롤러 노드에게 데이터를 전송하면 이 컨트롤러 노드는 RS-232 인터페이스를 통해서 PC로 전달하게 설계했다. 센서노드는 Z-Wave 모듈의 내부 플래시 메모리에 기본적인 펌웨어가 저장되어 있으며 이때 EEPROM은 각 센서노드들에 대한 노드ID와 홈 ID를 저장하고 있으며 라우팅 경로를 저장하고 전원회로는 정전압 전원장치의 전원공급을 위해서 설계되었다.



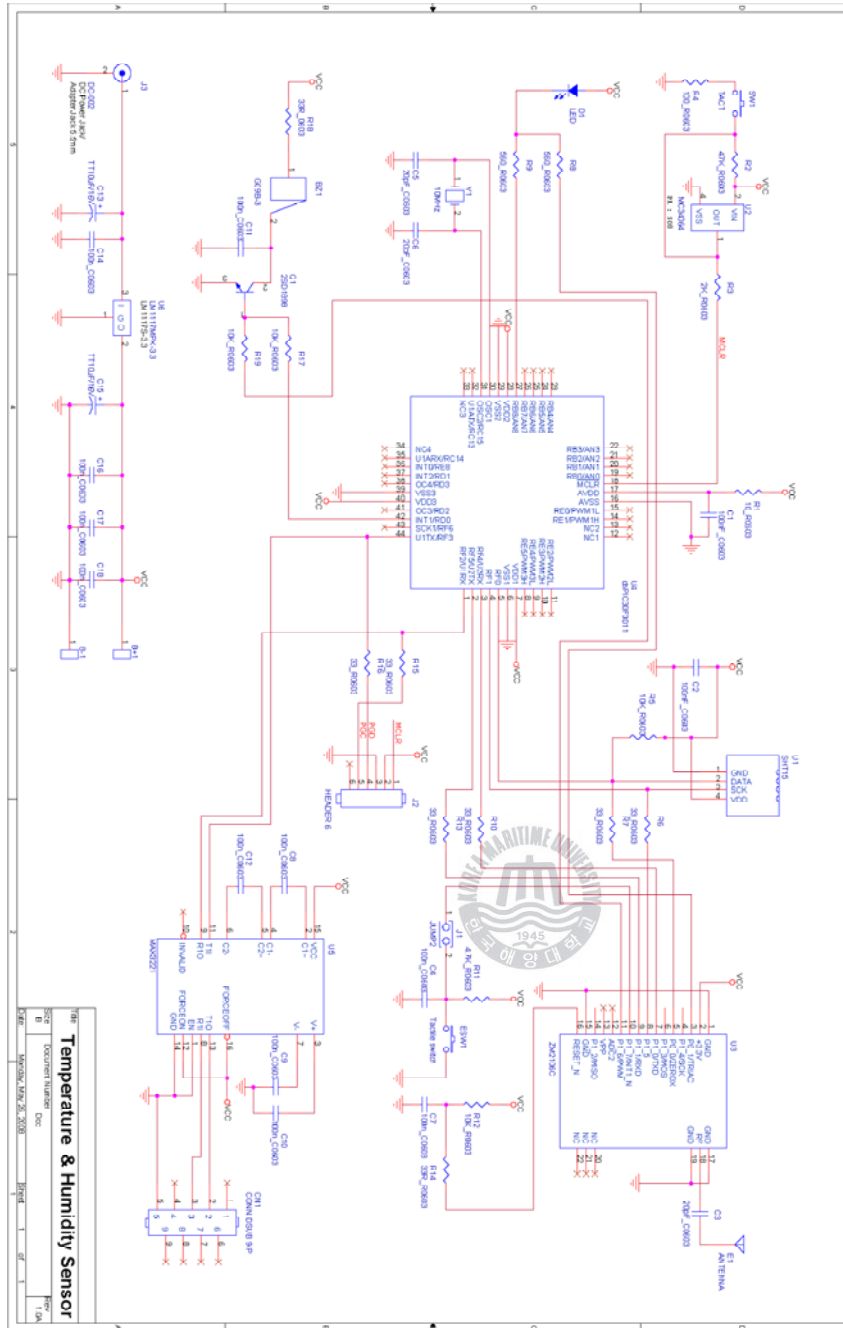


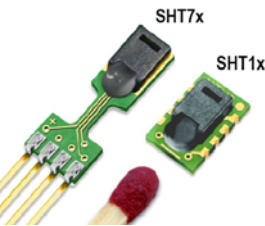
그림 4.3 온습도 센서 노드 설계

Fig. 4.3 Temperature-Humidity sensor node design.

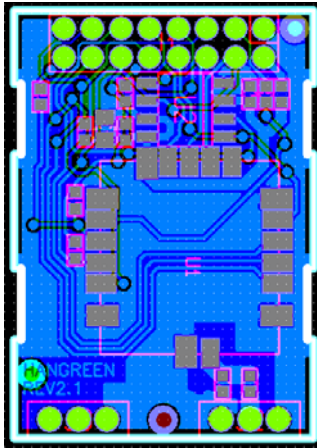
Temperature & Humidity Sensor SHT11은 14비트 AD컨버터를 통해 데이터를 디지털 형태로 출력한다. 내부 Calibration memory를 가짐으로 외부적인 디바이스 없이도 프로그램으로도 간단히 Calibration이 가능하다. 또한, 2-wire로 연결된 시리얼 인터페이스를 지원함으로 MPU와의 연결이 간단하고, 2.7V에서 5.5V까지의 전압에서 동작하며 컨버전 모드에서 280uA를, 쉼다운 모드에서 0.1uA의 소모전력으로 동작한다. 온도는 -40℃에서 +80℃까지 오차 2℃로 측정되고, 습도는 -40℃에서 +100℃에서 동작하고 온도와 측정값을 바탕으로 상대 습도를 구하게 된다.

표 4.1 온/습도 센서 특성

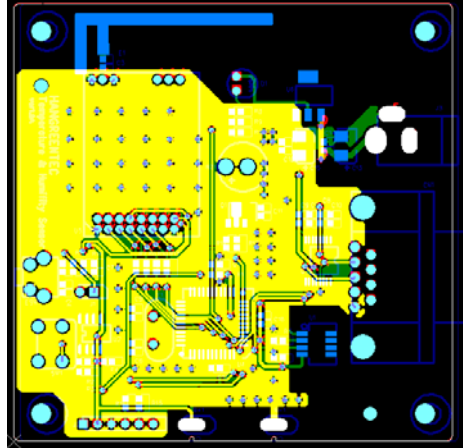
Table 4.1 Temperature & Humidity Sensor spec.

	Sensor	Sensirion SHT11	
	Channel	Humidity	Temperature
	Range	0 ~ 100 %	-40 ~ 80 °C
	Accuracy	± 3 % RH(Typical)	± 0.5 °C
	Operation Volt	2.4 ~ 5.5V	





(a)



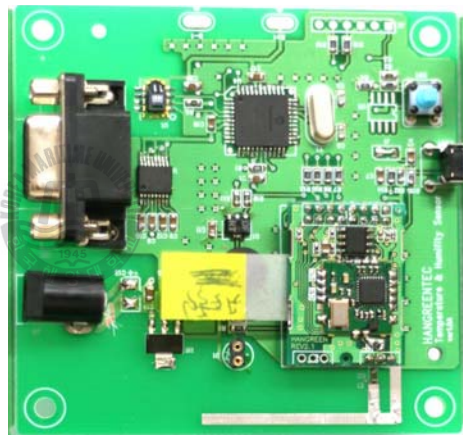
(b)

그림 4.4 레이아웃 (a) 센서모듈 ; (b) MAIN 회로 PCB

Fig. 4.4 Layout (a) Sensor module ; (b) Main PCB.



(a)



(b)

그림 4.5 (a) Z-Wave 센서 모듈 ; (b) MAIN 센서모듈 PCB

Fig. 4.5 (a) Z-Wave sensor module. ; (b) Main sensor module PCB.

그림 4.4는 PCB 레이아웃을 나타낸다. 그림 4.4의 (a)는 Z-Wave 센서 모듈의 PCB 레이아웃이고 그림 4.4의 (b)는 MAIN PCB 레이아웃이다. 그림 4.26의 (a)는 ZW0201칩이 내장되도록 하고 그림 4.5의 (b)에 실장 된다. 전원부, Transmission line은 그림 4.5 (b)는 실제 제작된 모듈이고

MAIN 회로 PCB 레이아웃의 안테나와 연결되어 있다.

## 4.2 센서모듈 펌웨어 코딩

### 4.2.1 컨트롤러 노드 순서도

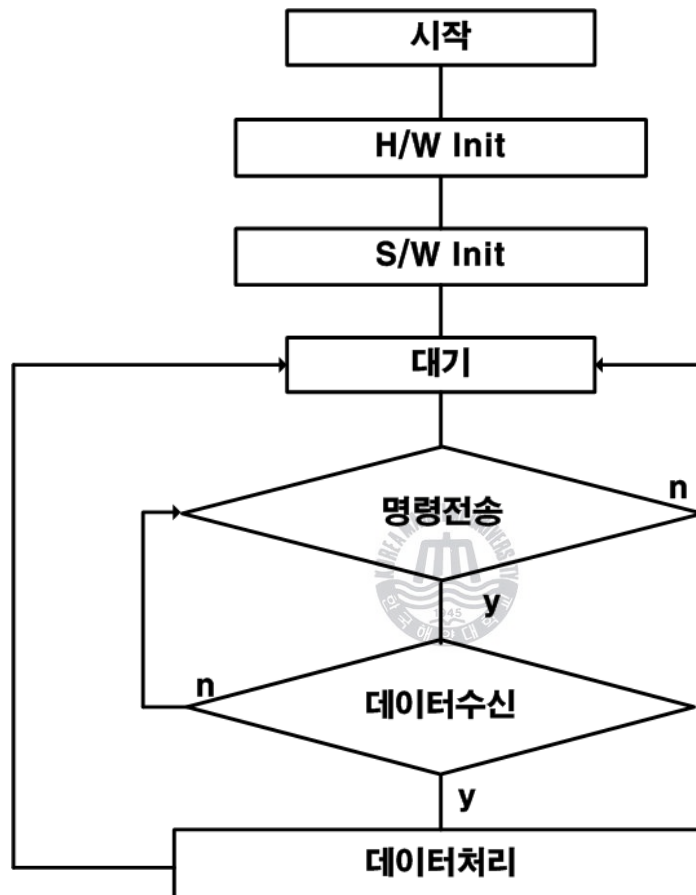


그림 4.6 컨트롤러 노드 순서도

Fig. 4.6 Flowchart of controller node.

그림 4.6은 Z-Wave 디바이스의 컨트롤 절차를 보여준다. 최초 전원이



공급 되면 H/W 및 S/W를 Init 하고 Z-Wave 모듈은 Sleep mode로 대기한다. 명령 요청 후 Z-Wave 모듈은 wake-up하고 명령을 전송한다. 모듈로부터 명령을 전송받은 각 센서 노드들은 데이터를 모듈로 전송하고, 모듈은 데이터를 확인하고 Ack를 보내고 다시 Sleep mode로 대기하면 한 cycle의 컨트롤이 된다.

#### 4.2.2 펌웨어 기본 구조

그림 4.7 컨트롤러 펌웨어 동작 순서는 H/W Init, S/W Init, 내부동작 처리부분인 Application Poll, 외부명령 처리부분인 Application Command Handler로 구성되어있다.

H/W Init에서는 하드웨어 초기화를 하고, S/W Init에서는 소프트웨어 초기화를 한다. 두 과정을 거친후에 Application Poll 함수와 Application Command Handler함수가 동시에 동작을 하는데 Application Poll함수는 모듈 내부 변화와 사용자의 명령에 따른 동작 수행을 하고, Application Command Handler에서는 각 디바이스에 명령에 대한 응답으로 전송받은 프레임들을 처리한다.



가. 센서모듈 순서도

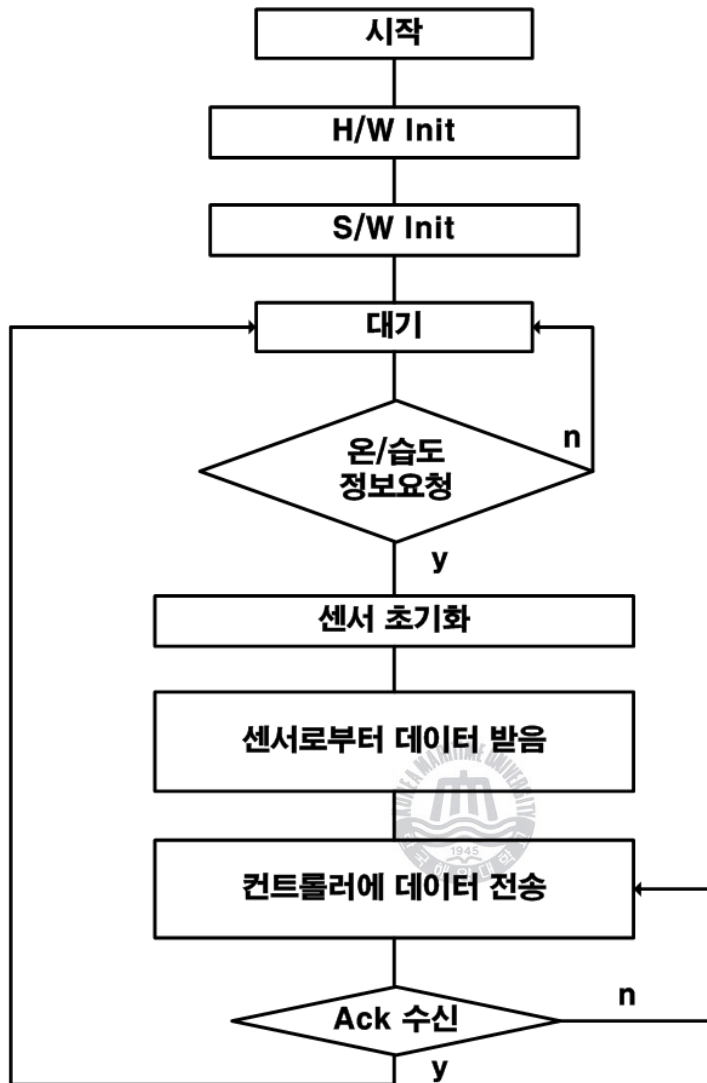


그림 4.7 센서모듈 순서도

Fig. 4.7 Flowchart of sensor module.

## 나. 센서모듈 펌웨어

표 4.2 하드웨어 초기화 함수

Table 4.2 Hardware initialize function.

```
BYTE ApplicationInitHW(BYTE bWakeupReason)
{
    PIN_IN(Button, 1);    //모듈 버튼 입력으로 초기화
    PIN_OUT(SSN);         //SCK 출력으로 초기화
    PIN_OUT(MISO);        //DATA 출력으로 초기화
    return(TRUE);
}
```

표 4.3 소프트웨어 초기화 함수

Table 4.3 software initialize function.

```
BYTE ApplicationInitSW( void )
{
    LoadConfiguration(); //EEPROM 세팅
    AssociationInit();    //메모리에서 그룹 정보를 읽어옴
    OneButtonInit();      //버튼 초기화
    return(TRUE);
}
```



표 4.4 ApplicationCommandHandler 함수 중 센서 데이터 취득 부분

Table 4.4 ApplicationCommandHandler function acquired data.

```

long data1, data2;
char humi_tempo1, humi_tempo2, temp_tempo1, temp_tempo2;
post02_Read(MEASURE_HUMI, &data1, &data2); //습도 측정함수
humd_data1 = data1;
humd_data2 = data2;
post02_Read_temp(MEASURE_TEMP, &data1, &data2); //온도 측정함수
temp_data1 = data1;
temp_data2 = data2;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.cmdClass
    = COMMAND_CLASS_SENSOR_MULTILEVEL;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.cmd
    = SENSOR_MULTILEVEL_REPORT;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.sensorType = 0x01;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.precisionScaleSize = 0x44;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.sensorValue1 = humd_data1;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.sensorValue2 = humd_data2;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.sensorValue3 = temp_data1;
txBuf.ZW_SensorMultilevelReport4byteFrame.sensorValue4 = temp_data2;
//온도, 습도 각각 2Byte씩 전송

```



7	6	5	4	3	2	1	0
Command Class = COMMAND_CLASS_SENSOR_MULTILEVEL(0x31)							
Command = SENSOR_MULTILEVEL_REPORT(0x05)							
Sensor Type							
Precision			Scale		Size		
Sensor Value 1							
Sensor Value 2							
...							
Sensor Value n							

: HexCode : 01 0E 00 04 00 02 08 31 05 01 44 06 7C 18 CA 26

그림 4.8 온/습도 전송데이터 패킷 구조

Fig. 4.8 Packet of temperature-humidity sensor data structure.

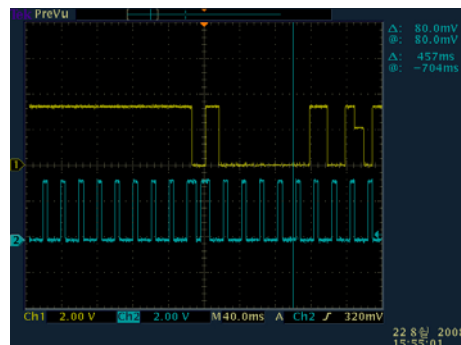
- 01 : Start Of Frame
- 0E : 패킷의 길이(SOF와 마지막 Checksum을 제외한 길이)
- 00 : Request
- 04 : FUNC\_ID\_APPLICATION\_COMMAND\_HANDLER
- 00 : bStatus
- 02 : 노드번호
- 08 : 데이터 길이
- 31 : COMMAND\_CLASS\_SENSOR\_MULTILEVEL
- 05 : SENSOR\_MULTILEVEL\_REPORT
- 01 : 센서 타입
- 44 : 센서 타입(세부)

06 : 습도 첫 번째 Byte  
7C : 습도 두 번째 Byte  
18 : 온도 첫 번째 Byte  
CA : 온도 두 번째 Byte  
26 : Checksum

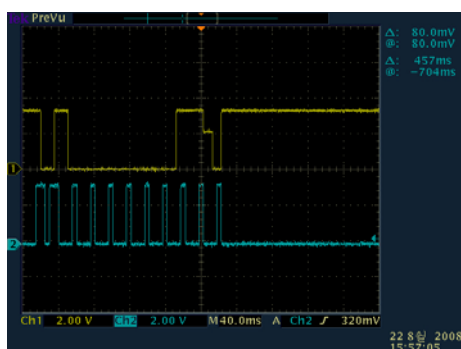


### 4.3 Z-Wave 센서 노드 데이터 측정 및 분석

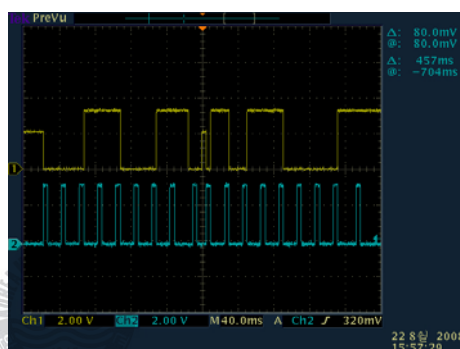
가. 오실로스코프 파형 (동기화, 온도 명령, 습도 명령, 온도데이터, 습도 데이터)



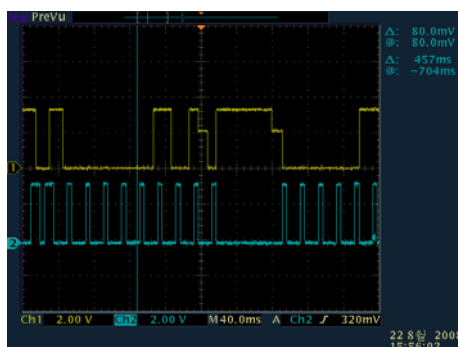
(a)



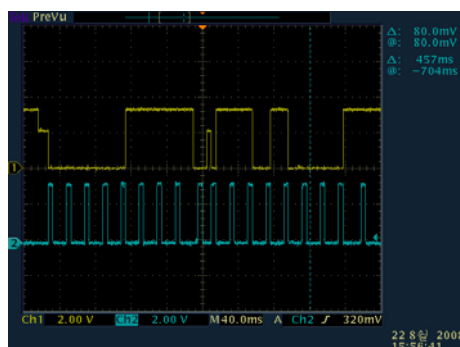
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 4.9 온/습도 데이터 파형

Fig. 4.9 Temperature-humidity sensor data waveform.

그림 4.9는 오실로스코프로 Z-Wave 모듈과 온습도센서 간의 전송 데이터를 보여준다. 데이터 전송 Clock은 15ms이고 파고는 평균 3.3V이다. 온도 데이터는 14bit를 사용하였고, 습도 데이터는 12bit를 사용하였다. 데이터 전송을 위해서는 온습도 센서 SHT11에서 요구하는 데이터 요청 및 전송 패킷 구조에 맞추었다. 그림 4.9에서 위에 표시된 부분이 데이터이고 아래는 싱크를 나타낸다. 그림 4.9 (a), (b), (d)는 Z-Wave 모듈에서 온습도 센서로 데이터 요청 파형이고, 그림 4.30 (c), (d)는 온습도 센서에서 Z-Wave 모듈로 온습도 데이터를 전송하는 파형이다.





#### 나. 각 노드의 높이에 따른 통신 거리 측정



그림 4.10 Z-Wave 시스템 구성

Fig. 4.10 A structure of Z-Wave system.



그림 4.11 통신 거리 측정

Fig. 4.11 Measure the communication distance.

그림 4.10은 Z-Wave 시스템의 구성을 보여준다. 마스터 노드는 Main 컴퓨터와 RS-232케이블로 연동되고, 슬레이브 노드들은 개별적으로 마스터 노드와 통신하게 된다. 각각의 디바이스는 3.6V의 전원을 공급받는다.

그림.4.11은 실제 통신 거리를 측정한 사진이다. 측정 환경은 센서 노드의 높이 0m, 0.75m, 2m에서 실시하였다. 시야거리 거리에서 5m마다 측정하였으며 전송 실패시 전후 1m 간격으로 실시하였다. 개발된 센서 노드들은 시야거리에서 높이가 0m일때 13m 높이가 0.75m일때 35m 높이가 2m 일때 65m 거리까지 통신이 가능 하였다. 측정 결과는 표 3.10에 나타내었다.

표 4.5 노드 높이에 따른 통신 거리 측정 (a) 높이 0m ; (b) 높이 0.75m ; (c) 높이 2m

Table 4.5 Measure the communication distance is followed by height. (a) height 0m ; (b) height 0.75m ; (c) height 2m

(a)

시행 거리	높 이	수행횟수	미 수신 횟수
5m	0m	50	0
10m	0m	50	0
11m	0m	50	0
12m	0m	50	0
13m	0m	50	2
14m	0m	50	7
15m	0m	50	11

(b)

시행 거리	높 이	수행횟수	미 수신 횟수
10m	0.75m	50	0
15m	0.75m	50	0
20m	0.75m	50	0
25m	0.75m	50	0
30m	0.75m	50	0
31m	0.75m	50	0
32m	0.75m	50	0
33m	0.75m	50	3
34m	0.75m	50	3
35m	0.75m	50	13

(c)

시행 거리	높 이	수행횟수	미 수신 횟수
10m	2m	50	0
20m	2m	50	0
30m	2m	50	0
40m	2m	50	0
50m	2m	50	0
60m	2m	50	0
65m	2m	50	0
70m	2m	50	13
75m	2m	50	39



(a)



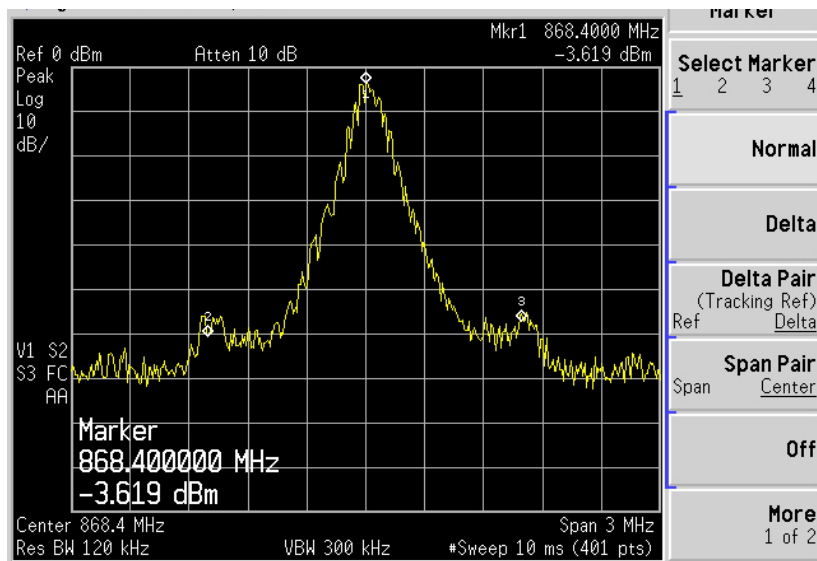
(b)

그림 4.12 소비 전류 측정 (a) 대기시 ; (b) 동작시

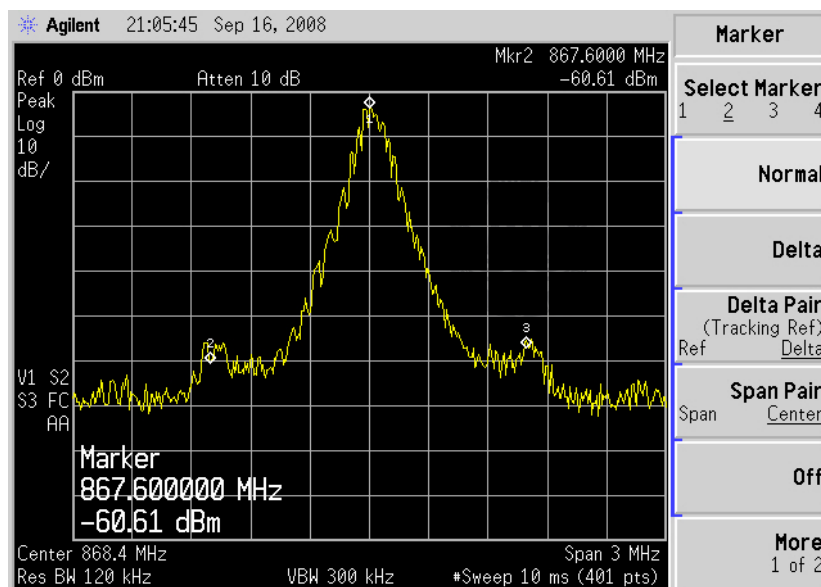
Fig. 4.12 Measure the consumption current (a) standby mode ; (b) active mode.

그림.4.12은 실제 소비전류를 측정한 사진이다. 대기시와 동작시의 전류를 측정하였다 실시하였다. 대기시 평균 6.8mA, 동작시 평균 30.3mA의 소비전류를 보였다.

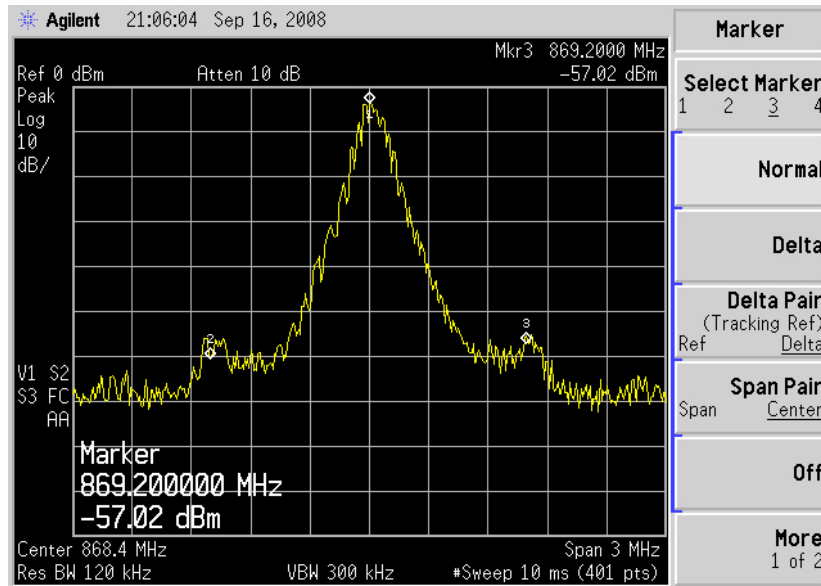




(a)



(b)



(c)

그림 4.13 Z-Wave 센서 노드 출력 측정 (a) 중심주파수 868.42MHz ; (b) 가드주파수 867.6MHz ; (c) 가드주파수 869.2MHz

Fig. 4.13 The output frequency measurement of Z-Wave sensor node (a) Center frequency 868.42MHz ; (b) Guard frequency 868.42MHz ; (c) Guard frequency 869.2MHz.



디바이스 뷰어

통신설정

CLOSE

02 Multilevel Sensor  
03 Multilevel Sensor  
04 Multilevel Sensor  
05 Multilevel Sensor

패킷 정보

127: HexCode: 01 0E 00 04 00 03 08 31 05 01 44 05 DE 1A E5 AB  
128: HexCode: 01 0E 00 04 00 05 08 31 05 01 44 06 F5 19 E0 83  
129: HexCode: 01 0E 00 04 00 02 08 31 05 01 44 06 1A 9D 15  
130: HexCode: 01 0E 00 04 00 04 08 31 05 01 44 05 F3 1A D5 B1  
131: HexCode: 06 01 04 01 13 01 E8  
132: HexCode: 01 0E 00 04 00 03 08 31 05 01 44 05 AC 1A D4 E8  
133: HexCode: 01 0E 00 04 00 03 08 31 05 01 44 05 F0 1A 84 E5  
134: HexCode: 01 0E 00 04 00 02 08 31 05 01 44 05 F0 1A 84 E5  
135: HexCode: 01 0E 00 04 00 03 08 31 05 01 44 05 AC 1A D4 E8  
136: HexCode: 01 0E 00 04 00 04 08 31 05 01 44 05 F7 1A 80 E0  
137: HexCode: 01 0E 00 04 00 04 08 31 05 01 44 05 F7 1A 80 E0

패킷 분석

Node Num : 05  
Humi value : 06CF  
Temp value : 19AD  
=====
05번 노드 정보  
습도는 75.10%  
온도는 섭씨 26.10도

2번 센서

온도 : 28.25 °C  
습도 : 64.03 %  
2노드 결과

3번 센서

온도 : 29.05 °C  
습도 : 60.71 %  
3노드 결과

4번 센서

온도 : 28.21 °C  
습도 : 64.37 %  
4노드 결과

5번 센서

온도 : 26.10 °C  
습도 : 75.10 %  
5노드 결과

6번 센서

온도 : °C  
습도 : %  
6노드 결과

7번 센서

온도 : °C  
습도 : %  
7노드 결과

8번 센서

온도 : °C  
습도 : %  
8노드 결과

9번 센서

온도 : °C  
습도 : %  
9노드 결과

노드추가

soft reset

명령중지

모든센서

노드삭제

초기화

노드정보

그림 4.14 PC application 프로그래밍 출력  
Fig. 4.14 Output of PC application programing.

그림 4.15매 시간 30분마다 네트워크에 등록된 센서로부터 온습도를 읽어 데이터 저장

```

=====
저장시간 :2008년 8월 26일 7시30분
2월분온도 : 28.30 습도 : 65.75
3월분온도 : 29.02 습도 : 63.15
4월분온도 : 28.51 습도 : 65.45
5월분온도 : 26.55 습도 : 75.70
6월분온도 : 습도 :
7월분온도 : 습도 :
8월분온도 : 습도 :
9월분온도 : 습도 :
=====

저장시간 :2008년 8월 26일 8시30분
2월분온도 : 28.30 습도 : 66.49
3월분온도 : 29.06 습도 : 63.44
4월분온도 : 28.97 습도 : 64.13
5월분온도 : 26.74 습도 : 75.75
6월분온도 : 습도 :
7월분온도 : 습도 :
8월분온도 : 습도 :
9월분온도 : 습도 :
=====

저장시간 :2008년 8월 26일 9시30분
2월분온도 : 28.50 습도 : 66.09
3월분온도 : 29.22 습도 : 63.15
4월분온도 : 29.06 습도 : 64.18
5월분온도 : 26.61 습도 : 77.01
6월분온도 : 습도 :
7월분온도 : 습도 :
8월분온도 : 습도 :
9월분온도 : 습도 :
=====

저장시간 :2008년 8월 26일 10시30분
2월분온도 : 28.25 습도 : 64.03
3월분온도 : 29.05 습도 : 60.71
4월분온도 : 28.21 습도 : 64.37
5월분온도 : 26.10 습도 : 75.10
=====

```

그림 4.15 프로그램 저장된 TXT 출력

Fig. 4.15 Saved data of TXT output.

## 제 5 장 결 론

현재 USN 서비스는 언제, 어디서나, 누구에게나 통신이 가능한 단계를 뛰어 넘어 가정 내에 위치한 어떤 기기 간에도 네트워크가 가능하고, 원격지로부터 네트워크를 통하여 제어 및 관리가 가능한 통신 서비스 환경을 총체적으로 의미한다. 뿐만 아니라, IT기술의 급속한 발달과 초고속망을 통한 인터넷 보급에 힘입어, 기업이나 공공기관의 사무실 중심으로 구축되던 네트워크 환경이 가정내의 디지털 전자기기로 확산되어 가면서 USN 산업과 관련기기 시장에 대한 관심이 높아졌다. 그에 수반하는 USN 기술들이 급속히 발달하였고 적용 분야 및 전송량에 따라 다양한 선택을 할 수 있게 되었다. 그중에서도 Z-Wave는 유럽과 미국에서 Zigbee와 함께 사용되고 있으며, 저 전력, 양방향 RF, Mesh 네트워킹 기술로 센서와 장치를 제어하는데 적합하다. 또한 Z-Wave는 기존의 USN 제품군들과 비교하여 9.6/40Kbps의 낮은 전송량으로 온/습도, on/off, 압력, 동작 센서와 같은 낮은 데이터량을 처리하는 시스템에서 소형 경량화, 저 전력화가 가능하다.

본 논문에서는 Z-Wave 기반 무선 센서 네트워크 노드를 연구 및 구현하였다. 각각 센서 보드에는 Z-Wave 통신을 위해 Zensys에서 나온 868.42MHz 대역의 ZW0201 칩을 사용하였고 센서 노드의 동기화 및 컨트롤을 위해 ZW0201에 내장되어 있는 8051계열 8bit Microcontroller를 사용하였다. 8051은 16MHz 클럭으로 동작하고 2kbyte의 램메모리와 32kbyte의 플래시 롬 메모리를 내장하였다.

마이크로프로세서로 이용하여 필요한 디지털 센서 값들을 전송하거나 받도록 하였고, 마스터 센서 보드는 GUI(Graphic User Interface)를 사용하여 컴퓨터와 RS-232c로 연결하였다. 센서는 홈네트워크에 사용되는 여러 센서 중 SENSIRION사에서 개발한 SHT11 온습도센서를 사용하였다. Z-Wave칩 ZW0201의 컨트롤 및 GUI제작은 C언어를 사용하였으며, Zensys사에서 개발한 Developers Kit에서 제공하는 컴파일러를 사용하였다.

개발된 센서 노드들은 시야거리에서 높이가 0m일때 13m 높이가 0.75m 일때 35m 높이가 2m 일때 65m 거리까지 통신이 가능 하였다. 중심주파수 868.42MHz에서 Output power는 -3.619dBm이었고 공급 전압 3.3V이상



에서 안정적인 동작을 하였으며 소비전류는 대기 시 평균 6.8mA, 동작 시 30.3mA가 되었다.

향후 연구로는 제작된 센서 노드의 저 전력으로 오랜 시간 배터리이용이 가능하도록 하고 타 센서 및 타 시스템과 호환이 되도록 범용성을 갖도록 개선 할 것이다.



## 참 고 문 헌

- [1] “IT389전략”, 정보통신부, 2004.10
- [2] 한국전자부품연구원, “WSN 기술 동향 및 응용기술”, 2008. 10.
- [3] “IT강국 기반으로 선진한국 도약”, 정보통신부, 2006. 2.
- [4] “A survey on Sensor Networks”, Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci Georgia Institute of Technology, IEEE Communications Magazine, August, 2002
- [5] <http://www.zen-sys.com/modules/Zensys/>
- [6] <http://www.z-wave.com/>
- [7] 이재용, “유비쿼터스 센서네트워킹 기술”, TTA저널, 통권 95호, 한국정보통신기술협회, P.7
- [8] 한국전자통신연구원, “사카무라켄 동경대 교수의 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명”, 정책지원자료, 2002. 11.
- [9] 한국전자통신연구원, “유비쿼터스 컴퓨팅의 연구동향”, 2002. 10.
- [10] 김완석, “각국의 유비쿼터스 컴퓨팅 개념 비교”, TTA, IT Standard Weekly 2004-16호, 2003. 4.
- [11] 정보통신부, “u-센서 네트워크 구축 기본계획”, 2004. 2.
- [12] 정보통신부, “Digital Life 실현을 위한 Digital Home 구축계획”, 2003. 5.

- [13] Yoshihiro KAWAKARA, Massateru MINAMI, Hiroyuki Morikawa, and tomonori AOYAMA, “Design and Implementation of Sensor Network Node for Ubiquitous Computing Environment”, In Proceedings of IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, Orland, USA, October 2003
- [14] 남상엽, 송명훈, “무선 센서 네트워크 활용”, 상학당, 2006
- [15] 한국전자통신연구원, “USN 미들웨어 기술개발 동향”, 전자통신 동향분석 제22권 3호, 2007.6



## 감사의 글

대학원 2년이라는 순식간에 지나가는 시간에 이렇게 마침표를 위한 글을 적는 순간이 오리라고는 미처 몰랐습니다. 너무나 재미있고 즐겁게 지내서 시간이 흐르더라도 이 시간을 추억하며 그리워 할 것 같습니다.

모자람이 많은 저를 이끌어 주신 조형래 지도교수님께 비록 지면이지만 깊은 감사드립니다. 지금껏 미처 몰랐던 것들에 대해 생각하게 해주시고 앞으로 살아감에 있어 지표가 될 것 같습니다. 논문을 처음부터 끝까지 지도해주신 원영수 박사님과 정지원 교수님께 감사드립니다.

학부시절부터 지금껏 가르침을 주신 김동일 교수님, 김기만 교수님, 민경식 교수님, 윤영 교수님께도 감사드립니다.

연구실 생활하는 동안 물심양면으로 도와주었던 동식이 행님, 무엇을 물어봐도 잘 가르쳐 주었던 칠성 행님, 썩소를 가졌지만 마음은 따뜻한 민길이, 한때 동고동락했던 마음이 천사인 종호 행님, 어려서 너무 부러운 원근이도 자주 보고 싶을 거 같고, 대학원 동기 내 친구 간죽쟁이 전 마누라 정우, 너무나 반듯한 종태, 영원한 당구 적수 상길이, 남해에서 좋은 추억 만들어 준 수훈이, 항상 반듯하게 인사하는 세호, 걸은 확실히 멀쩡한 석순이, 화낼거 같지 않는 승목이, 자주 못 본 민성이와 건도, 목소리 큰 미화, 똑똑한 한나, 그리고 여자친구 은미에게도 감사를 전합니다.

그리고 벌써 결혼을 해서 한가정을 이끌고 있는 내친구들 현욱이, 진욱이, 대진아 애들 잘키우고 ㅋㅋ, 지면으로 다하지 못했지만 지금껏 저와 함께 소중한 추억을 만든 사람들에게 감사를 전합니다.

저를 키우시느라 어느덧 황혼의 세월에 접어드신 부모님 장남으로써 지금까지 못했던 효도도 꼭 하고 싶고 벌써 사회생활을 하고 있는 이쁜 큰둥이 현정이, 막 새로운 도전을 시작한 귀염둥이 막둥이 수현아 오빠가 많이 사랑한다.

앞으로도 이런 행복한 기억을 만들며 살아가길 소망하며 모두에게 감사를 전합니다.